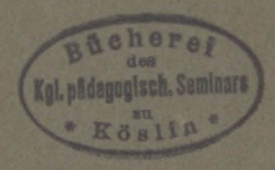
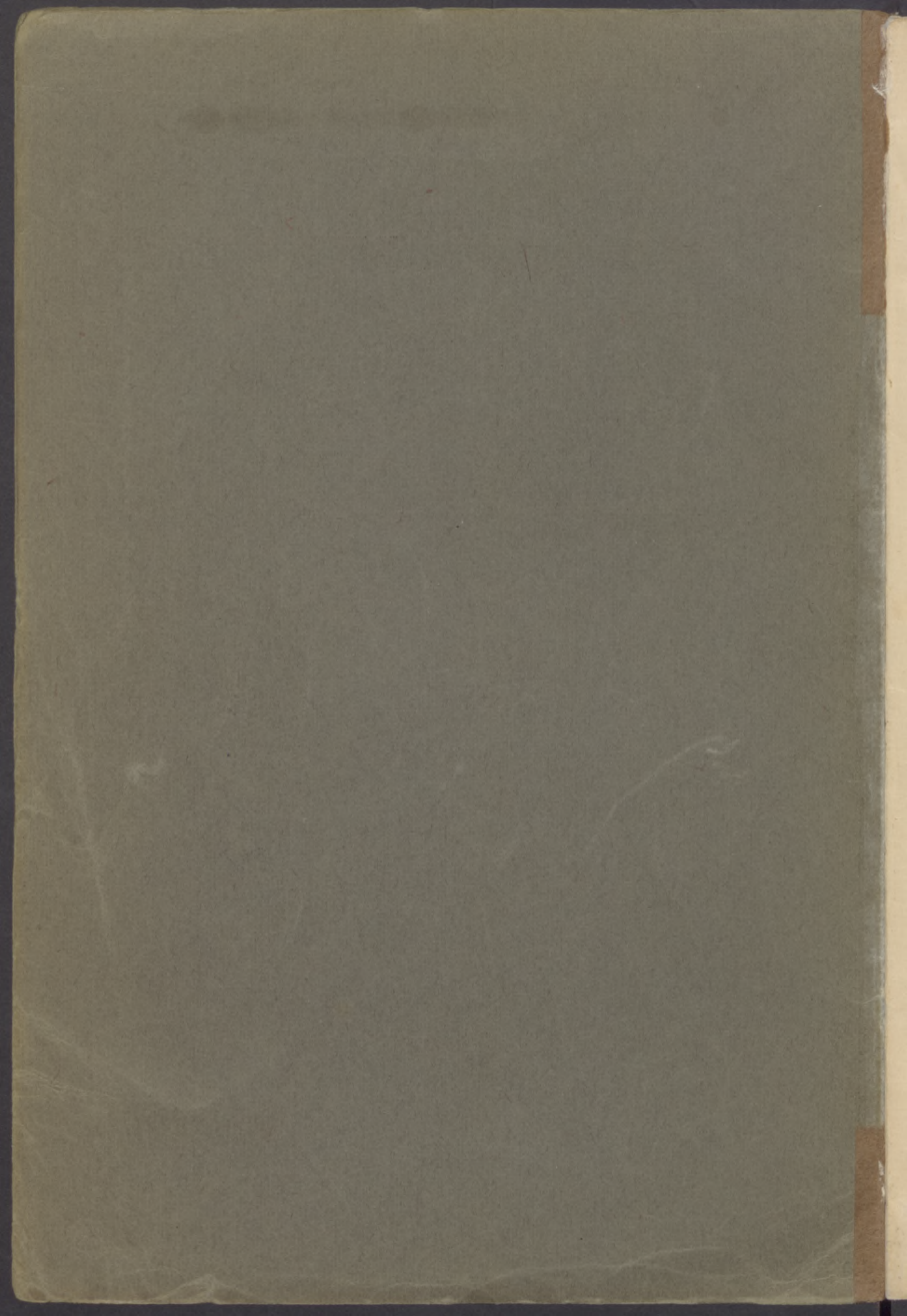
PAUL VOLKMANN

FRAGEN DES PHYSIKALISCHEN SCHULUNTERRICHTS

VIER VORTRÄGE

B. G. TEUBNER · LEIPZIG · BERLIN

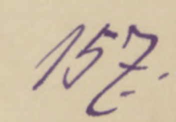




FRAGEN DES PHYSIKALISCHEN SCHULUNTERRICHTS

VIER VORTRÄGE
FÜR DEN VOM 7.–12. OKTOBER 1912 IN KÖNIGSBERG I. PR. ABGEHALTENEN OBERLEHRER-FERIENKURSUS
AUSGEARBEITET, SOWIE MIT ANMERKUNGEN UND VORWORT VERSEHEN VON

PAUL VOLKMANN





LEIPZIG UND BERLIN
DRUCK UND VERLAG VON B. G. TEUBNER
1913


BIBLIOTEKA
UNIWERSYTECKA
W TORUNIU

DEN TEILNEHMERN
DES OKTOBER 1912 IN KÖNIGSBERG I. PR.
ABGEHALTENEN FERIENKURSUS

ZUR FREUNDLICHEN ERINNERUNG
AN GEMEINSAM ERLEBTE STUNDEN
DARGEBOTEN

VORWORT.

Die nachfolgenden Blätter stellen für das Fach der Physik Studien dar, die den Zweck haben, dem elementaren Schulunterricht nützlich zu sein. Sie sind aus einem Gutachten hervorgegangen, welches ich als Mitglied der wissenschaftlichen Prüfungskommission über die physikalischen Abiturientenarbeiten des Ostertermines 1910 der Realgymnasien und Oberrealschulen der Provinzen Ost- und Westpreußen im Auftrage des Herrn Unterrichtsministers auszuarbeiten hatte. In der vorliegenden Form haben meine Studien dann den Gegenstand von vier Vorträgen gebildet, die ich innerhalb des Rahmens eines Ferienkursus vor Oberlehrern am 8., 9., 10. und 11. Oktober 1912 in Königsberg gehalten habe.

Meine Vorträge wollen und können auf Vollständigkeit der Behandlung aller sich hier aufdrängenden Fragen keinen Anspruch machen; schon der gewählte Titel soll andeuten, daß es sich um ausgewählte Fragen des physikalischen Unterrichts handelt. Die getroffene Auswahl betrifft Gegenstände, die in der Regel keine Behandlung zu erfahren pflegen, die aber meines Dafürhaltens gerade den Kernpunkt berühren dürften, um den es sich handelt, soll anders der physikalische Unterricht erfolgreich sein und seinen wahren Zielen entsprechen. Ich möchte die behandelten Gegenstände als erkenntnismäßige Untersuchungen bezeichnen.

Meine Vorträge werden um so weniger Anspruch auf Vollständigkeit machen können, als es für mich ein nicht vorhergesehenes Ergebnis der an meine Vorträge des Ferienkursus anschließenden Diskussionsstunde am 12. Oktober war, daß eine lediglich auf Grund von Abiturientenarbeiten abgeleitete Beurteilung des physikalischen Unterrichts kein zutreffendes Bild eben dieses Unterrichts geben kann, daß es in erster Linie die durch das Abiturientenexamen mit seinen obligaten Aufgaben getroffene Institution ist, welche dem Unterricht eine Verschiebung erteilt, der den Weg zu bahnen unmöglich als Aufgabe eines gesunden physikalischen Schulunterrichts betrachtet werden kann.

In diesem Zusammenhang gewann für mich das bei anderer Gelegenheit gefallene Urteil eines im Unterricht geschätzten und erfolgreichen hiesigen Gymnasialprofessors besonderen Wert, der seiner Freude Ausdruck gab, daß für das Gymnasium Physik nicht Gegenstand des Abiturientenexamens sei, und der gerade auf diesen Umstand die Erfolge und die Anerkennung seines physikalischen Unterrichts zurückführte, — ein gewiß zutreffendes Urteil, das auch für andere Schulfächer in mehr als einer Hinsicht zu denken geben dürfte. Dieses Urteil wird auch zur Wertung des von mir in den Vorträgen Entwickelten dauernd im Auge zu behalten sein, wenn es gilt den Anstrengungen und Leistungen des Oberlehrerstandes gegenüber nicht den Schein einer ungerechten Beurteilung aufkommen zu lassen.

Als ein anderes Ergebnis der an meine Vorträge des Ferienkursus anschließenden Diskussionsstunde erschien mir die Schwierigkeit, dem Standpunkt Geltung zu verschaffen, daß es sich im Unterricht ständig darum handelt, zwischen einander widerstrebenden und daher nicht ganz leicht zu einer Resultante zu vereinenden Komponenten einen Kompromiß zu schließen, welcher der jedesmaligen Unterrichtssituation angemessen ist, und welcher je nach Umständen unter stärkerer oder schwächerer Betonung der einen oder anderen Komponente verschieden vorgenommen werden kann.

Auf die hier vorliegenden Schwierigkeiten konnten einige Mißverständnisse des Vorgetragenen zurückgeführt werden, wenn z. B. aus meinen Auseinandersetzungen über die Verwertung der neuesten Ergebnisse der Wissenschaft oder über die Einführung technischer Nutzanwendungen der Wissenschaft eine stärkere Ablehnung für den Unterricht herausgehört wurde, als sie meinem Standpunkt entspricht, oder wenn aus meinen Bemerkungen über Systematisierung der Eindruck entnommen wurde, ich wollte einer Unordnung des Unterrichts das Wort reden.

Es wäre sehr zu wünschen, wenn auch andere Unterrichtsfächer — ich möchte den mathematischen und den sprachlichen Unterricht besonders hervorheben — von solchen erkenntnismäßigen Standpunkten aus, wie ich es auf den vorliegenden Blättern für den physikalischen Unterricht zu tun versucht habe, eine Behandlung und Bearbeitung erführen. Auf diesem Wege könnten allgemeine Gesichtspunkte und

gegenseitige Anregungen gewonnen werden. Auf diesem Boden könnte sich sehr zum Vorteil des Unterrichts dauernd ein friedlicher Wettkampf der Fächer entwickeln, auf diesem Boden die Anbahnung aller hier notwendiger Kompromisse.

Das einzelne Fach wird erkenntnismäßig dauernd seine Existenzberechtigung für die Schule immer von neuem zu erweisen haben. Das Leben der Gegenwart ist so reich an geistigen Anregungen, daß davon keine Rede sein kann, daß der Gegenstand der Diskussion erschöpft sei. Nur der kann den Gegenstand der Diskussion für erschöpft halten, der den Reichtum des geistigen Lebens der Gegenwart verkennt oder der für Resultate der Diskussion fürchtet – sei es zunächst auch nur in Form von Unbequemlichkeiten.

Gerade auf den Mangel erkenntnismäßiger Diskussionen verbunden mit dem begreiflichen Streben, von außen herantretenden materiellen Anforderungen zu genügen, mag auch mancher Wechsel, manches Schwanken, manche Unklarheit der maßgebenden Faktoren zurückzuführen sein, welche die gegenwärtige Situation gezeitigt hat und naturgemäß keine Befriedigung gewähren konnte.

So hat sich bisher die Mehrzahl der Reformvorschläge für den naturwissenschaftlichen Unterricht in der Richtung einer materiellen Auswahl des Unterrichtsstoffes zu betätigen versucht. In dieser Richtung enthalten die Lehrpläne der Unterrichtsbehörde positive Anordnungen, in dieser Richtung bewegen sich die Vorschläge der Unterrichtskommission, welche die Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte eingesetzt hatte.

So nützlich solche Anregungen sind und sein mögen, ihre Beeinflussung des Unterrichts kann doch nur mehr als eine äußere bezeichnet werden. Vor allen Dingen läßt sich das gegen sie sagen, daß sie geeignet sind im Sinne einer materiellen Überlastung des Unterrichts zu wirken – eine wohlbekannte Erscheinung, welche meines Dafürhaltens unter allen Umständen vermieden werden muß.

Auch für das Fach der Physik habe ich aus der an meine Vorträge knüpfenden Diskussionsstunde sowie aus anderen Veranstaltungen des Ferienkursus den Eindruck gewonnen, daß ein zu weitgehender und nicht immer richtig orientierter Eifer der Lehrkräfte sich die Bewältigung eines größeren Stoffes angelegen sein läßt, als sich für die Zwecke der Erziehung und Schule wird rechtfertigen lassen. Die experimen-

tellen Hilfsmittel für Physik und Chemie an manchen unserer Gymnasien und Oberrealschulen stellen heute bereits Einrichtungen[1]) dar, welche noch vor dreißig Jahren den Neid mancher Hochschule erregt hätten, vielleicht auch noch erregen. Es ist nur zu natürlich, daß bei einem derartigen Ausbau eines Unterrichtsfaches eine Überspannung entsteht — ein Anzeichen für eine über ihr Ziel hinauschießenden Pädagogik.

So kommt es, daß die oberen Klassen unserer höheren Schulen gegenwärtig noch immer allzusehr Lernanstalten im engsten Sinne des Wortes darstellen. Natürlich müssen gewisse Dinge gelernt werden, ganz wie Lesen, Schreiben, Rechnen gelernt werden müssen. Aber die oberen und zum Teil auch schon die mittleren Schulklassen haben sich die Bewältigung so umfangreicher materieller Stoffe — und hier sei besonders der nicht mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer gedacht — zur Aufgabe gestellt, daß die Aneignung gar nicht anders als durch Erlernung erzwungen werden kann, also äußerlich vor sich gehen muß, daß von einer inneren Aneignung gar nicht die Rede sein kann.

Für das Leben des Unterrichts heißt das aber Steine statt Brot darbieten.

Das höchst unerfreuliche Ergebnis dieser Form des Unterrichts ist, daß die sittlichen Kräfte der augentüchtigen Schüler einer viel zu starken Versuchung ausgesetzt werden, dem Schein der gestellten Anforderungen zu genügen, daß die intellektuellen Kräfte der augenschwachen Schüler in vielen Fällen diesem Schein nicht Stand halten können, daß ein großer Teil des im Unterricht mühsam angeeigneten Stoffes für den Rest der Schulzeit als toter Ballast mitgeschleppt wird, um nach dem Verlassen der Schule so schnell als möglich über Bord geworfen zu werden. Das geistige Lebensschifflein verlangt nun einmal Entlastung, um für das innere Leben neue wertvollere Güter aufzunehmen. Die psychisch und physisch maßgebenden inneren Kräfte und Gesetze der menschlischen Natur erweisen sich hier von viel größerer Notwendigkeit und Wahrheit, als Lehrpläne und von ihnen allzustark abhängige Schulmänner auch nur in Erwägung zu ziehen scheinen. Einschlägige Forschungen der experimentellen Psychologie wären in dieser Hinsicht nicht dankbar genug entgegenzunehmen.

1) Die Einrichtung für Physik am Dorotheenstädtischen Realgymnasium zu Berlin soll mit einem Aufwande von 100000 Mark bestritten sein.

Wenn ich hiermit die Lehrpläne als etwas äußeres, ja äußerliches bezeichne, so soll darin kein Tadel liegen. Ich will mehr damit zum Bewußtsein bringen, daß Lehrpläne immer nur äußerlich sein und äußerlich wirken können, ihre Bedeutung aus eben diesem Grunde nicht überschätzt werden darf. Ein Teil der Mißerfolge des Unterrichts mag aber gerade darauf zurückzuführen sein, daß die Bedeutung der Lehrpläne überschätzt wird. Auf einer Überschätzung der Lehrpläne mag auch ein großer Teil der unerfreulichen Erscheinungen beruhen, welche nicht den Gegenstand meiner Vorträge ausmachen: Pedanterie und Ängstlichkeit der Lehrer wie der Schüler, diesen Hauptfeinden jeder pädagogischen Kunst.

Ein guter Unterricht wird immer mehr eine persönliche innere Angelegenheit des Verhältnisses sein, in dem der Lehrer zu seinen Schülern und die Schüler zu ihrem Lehrer stehen. Ein guter Unterricht wird immer mehr eben Sache einer besonderen Kunst sein, welche die zu behandelnde Wissenschaft mit der Freiheit behandelt und handhabt, die der Altersstufe und dem jedesmal vorliegenden Schülermaterial angemessen ist. Eine solche Kunst wird sich freilich nur entfalten können, wenn auch die Lehrpläne und ihre Erläuterungen mit einer Freiheit gehandhabt werden, wie sie die Ausübung jeder Kunst zur Voraussetzung hat, und wie sie für die zur Berufsfreudigkeit so notwendigen eigenen inneren Befriedigung des Lehrers erforderlich ist.

Der kunstgemäßen Auffassung und Handhabung des Unterrichts steht eine handwerksmäßige Auffassung und Handhabung gegenüber; sie wird sich stets in größerer Abhängigkeit von den Lehrplänen bewegen, als es in der ursprünglichen Absicht des Verfassers der Lehrpläne gelegen haben mag. Der handwerksmäßige Unterrichtler wird seinen Unterricht unabhängig von dem Schülermaterial, das er vor sich hat, stets so einzurichten bemüht sein, daß er bei allen passenden und unpassenden Gelegenheiten in der Lage ist, den Nachweis führen zu können, daß den Lehrplänen Genüge geleistet ist. Aller Voraussicht nach wird er bei Revisionen besser abschneiden, als der tiefer wirkende Lehrer, der seinen Beruf als Kunst faßt.

Das einfache Mittel, äußere, sichtbare Erfolge im Unterricht zu erzielen ist das „Pauken“: Der Unterricht spitzt sich auf die Fertigkeit zu, daß bestimmte Fragen ganz bestimmte Antworten auslösen; andere Antworten, auch wenn sie nicht unrichtig sind, werden abgewiesen —

und doch offenbart sich in solchen abgewiesenen Antworten oft die Psyche und die Individualität des Schülers in vorteilhaftester Weise, und gerade sie könnten dem Lehrer willkommene Gelegenheit geben anzuknüpfen, den inneren Konnex mit dem Schüler zu stärken und zu beleben — beruht doch gerade auf der Existenz eines solchen Konnexes, dieses sichtbaren und doch unsichtbaren Bandes zwischen Lehrer und Schüler, der Erfolg jedes guten Unterrichts.

Das Pauken wäre nicht so verbreitet, würde es dem Lehrer nicht einen gewissen mechanischen Schutz zumal in überfüllten Klassen gewähren der Disziplin besser Herr zu werden. Die Fragen der Disziplin stellen wohl überhaupt das Grundübel und die Klippe manchen Schulunterrichts dar. Der beste Wille und die besten Vorsätze des Lehrers können hier zuschanden werden: Der Schüler steht in vielen Fällen unter dem Zwange einer natürlichen Reaktion gegen Äußerungen des Unterrichts und bedarf individueller Schonung vor übereilten Strafen, die unter keinen Umständen einen nachtragenden und dann verbitternden Charakter annehmen dürfen. — Der Lehrer sieht sich gezwungen in stärkerem Grade auf seine Autorität Bedacht nehmen zu müssen, als das den Verhältnissen förderlich und angemessen sein möchte; der Lehrer kann auch in Fällen auf seine Autorität bedacht erscheinen, in denen keine besondere Veranlassung dazu vorliegen mag, zumal es auch nicht immer leicht ist, Situationen richtig zu durchschauen.

Die Behörde befindet sich den hier angedeuteten, wohl bekannten Erscheinungen gegenüber in einer ebenso schwierigen, wie undankbaren Lage. Auf der einen Seite bedarf die Individualität der Lehrkräfte ihrer naturgemäßen Pflege und Schonung, soll sie nicht in ihrem schweren, aufreibenden Beruf verzagen oder gar zugrunde gehen. Auf der anderen Seite handelt es sich um das hohe Ziel, der jugendlichen Elite Deutschlands die sachgemäße, vorbereitende Ausbildung zu geben, auf welche sie Anspruch hat.

Die Erlasse des Herrn Unterrichtsministers aus den letzten Jahren lassen deutlich erkennen, daß man gewillt ist, diesen beiden Momenten Rechnung zu tragen, so schwer sich in vielen Fällen beide Momente zur Deckung bringen lassen werden. So atmet der Erlaß des Herrn Unterrichtsministers in Sachen der Durchsicht der physikalischen und chemischen Abiturientenarbeiten des Ostertermines 1910 vom 15. Februar 1911 die Milde, auf welche pflichtgetreue Lehrkräfte in ihrem schweren,

verantwortungsvollen Beruf gewiß Anspruch haben und läßt in keiner Weise auf scharfe und ungünstige Gutachten schließen, wie solche dem Vernehmen nach aus einigen westlichen Provinzen eingelaufen sein sollen.

Auf der anderen Seite wissen die Lehrkräfte der höheren Schulen auch ohne Erlasse des Herrn Unterrichtsministers — und in diesem Punkte besteht nicht der geringste Unterschied mit den Lehrkräften der Hochschulen — welches hohe und verantwortungsvolle Gut ihnen der Staat mit der Aufgabe anvertraut hat, nicht in letzter Linie als Ergänzung des Erziehungswerkes der Eltern, den Unterricht in jeder Beziehung zweckdienlich zu gestalten.

Die Ausbildung des geistig befähigten und beanlagten Teiles der Jugend stellt doch nun einmal den eigentlichen Zweck des Unterrichts dar. Auf den Bänken der Gymnasien und Oberrealschulen sitzen die Knaben und Jünglinge, welche, zu Männern gereift, berufen sein sollen, an einflußreicher Stelle das Geschick des Volkes und Vaterlandes zu bestimmen. Sie werden dereinst die naturgemäßen Richter ihrer ehemaligen Lehrer sein. Möchten sie, wie sich ihr Beruf auch gestalten möge, dereinst bezeugen, daß die Schule für sie und ihr inneres Leben — auch auf den oberen Klassen — eine Förderung und nicht eine Hemmung dargestellt hat.

Ich führe das alles hier auf, um für den vorliegenden Druck den Weg des Verständnisses zu erleichtern. Auch hier wird das Wort in vielen Fällen nur ein unvollkommenes Mittel sein, dem tatsächlichen Gedanken Ausdruck zu verleihen.

Königsberg i/Pr. im Oktober 1912.

P. VOLKMANN.

INHALTSVERZEICHNIS.

ERSTER VORTRAG.

Einleitende Bemerkungen über Wissenschaft und Unterricht. Begriff des Intellektualismus.

ZWEITER VORTRAG.

Naturalistische Weltanschauungen. Kausalität. Mathematisierung.

Erläuterung des Begriffs des Intellektualismus an anderen Verhältnissen als denen des Unterrichts.

Kausalität als intellektualistische Äußerung.

Mathematisierung als intellektualistische Äußerung.

Mathematisierung des physikalischen Unterrichts im engeren Sinne.

Mathematisierung des physikalischen Unterrichts im weiteren Sinne.

Konsequenzen für den Unterricht.

DRITTER VORTRAG.

Numerisches Zahlenrechnen. Logarithmentafeln. Abgekürzte Dezimalbrüche.

Wichtigkeit der Frage des Zahlenrechnens.

Technik des Rechnens mit Logarithmentafeln.

Technik des Rechnens mit abgekürzten Dezimalbrüchen.

Konsequenzen für den Unterricht.

VIERTER VORTRAG.

Das Erleben in Beobachtung und Experiment. Meteorologie. Geschichte. Technik. Physikalisch-praktische Übungen. Veräußerlichung und Verinnerlichung des Unterrichts.

Ausblick auf allgemeine Fragen.

ERSTER VORTRAG.

EINLEITENDE BEMERKUNGEN ÜBER WISSENSCHAFT UND UNTERRICHT. BEGRIFF DES INTELLEKTUALISMUS.

Die Veranlassung vor Ihnen, meine hochgeehrten Herren, über physikalische Unterrichtsfragen sprechen zu dürfen, geht für mich auf eine mir vor zwei Jahren gestellte Aufgabe zurück: die physikalischen Arbeiten zu begutachten, welche im Ostertermine 1910 bei den Reifeprüfungen der Realgymnasien und Oberrealschulen der Provinzen Ost- und Westpreußen angefertigt waren. Der gegenwärtige Ferienkursus bietet mir willkommene Gelegenheit, den Versuch zu machen: die in meinem Gutachten niedergelegten Anschauungen auf breiterer Basis zu entwickeln.

Ich darf auch die Bemerkung nicht unterdrücken, daß mich die Beziehungen von Schule zu Universität, von Unterricht zu Wissenschaft von jeher besonders interessiert haben. Eindrücke aus eigener Schulzeit, die mir noch lebhaft in Erinnerung sind, der Kontrast, den ich beim Übergange von der Schule zur Universität empfand, meine erkenntnistheoretischen Studien, die mich einen großen Teil des Lebens begleitet haben, wirken hier mit.

Die Universität arbeitet ebenso wie die Schule rastlos an der Vervollkommnung ihrer Unterrichtsmethoden, aber beide arbeiten unter sehr verschiedenen Bedingungen. Die Bedingungen, unter denen wir Universitätslehrer arbeiten, sind dankbar und angenehm und können darum in gewisser Beziehung als einfach und leicht bezeichnet werden. Die Bedingungen, unter denen Sie, meine hochgeehrten Herren, arbeiten, erscheinen unserer Tätigkeit gegenüber weniger dankbar und angenehm, sie sind in allen Beziehungen als verwickelt und schwierig zu bezeichnen.

Auch die Universitäten haben nicht immer unter den günstigen Bedingungen arbeiten dürfen, unter denen das heute der Fall ist. Wir können es uns heute kaum vorstellen, daß Kant und seine Zeitgenossen

in ihren Vorträgen und Vorlesungen an gedruckte Leitfäden fremder Autoren gebunden waren. Das war noch nicht die Freiheit der Wissenschaft, welche gerade unsere akademischen Vorlesungen groß gemacht hat. Welche Fülle individueller geistiger Kräfte ist gerade innerhalb des Universitätslebens durch die völlige Freigabe der Vorlesungen ausgelöst worden, welche weitere Stärkung und Nahrung finden diese individuell freigewordenen Kräfte durch den Unternehmungsgeist weitschauender Verlagsbuchhändler, welche nicht bloß zur Drucklegung gehaltener Vorlesungen ermuntern, deren Anregungen in vielen Fällen noch darüber hinausgehen.

Die Situation des Schulunterrichts ist eine andere, und muß eine andere sein. So befinden Sie sich, meine hochverehrten Herren, in einer Zwangslage. Sie haben Ihre Lehrpläne und Ihre Verordnungen, in welche Sie sich wohl oder übel schicken müssen und von denen Sie abhängig sind. So können sich meine Ausstellungen gar nicht gegen Sie wenden, sie richten sich gegen die Organisation, in welche Sie gestellt sind. Ich würde gar nicht den Mut haben, über diese Dinge zu sprechen, wenn nicht alle Anzeichen dafür vorlägen, daß das Schulleben einer besseren Zukunft entgegenginge. Die Erlasse des Herrn Unterrichtsministers aus letzter Zeit scheinen mir durchaus in dieser Richtung zu liegen.

Es wird daran zu erinnern sein, daß wir auch heute noch in unserem höheren Schulwesen unter den Nachwirkungen des 19. Jahrhunderts stehen, welches für den Unterricht dadurch charakterisiert war, daß gewisse Fächer in ihrem Einfluß das gesamte Schulwesen beherrschten und dadurch die Entfaltung der Eigenart anderer, nicht minder wichtiger Fächer hinderten. Jedes Fach wird aber die Aufgabe haben müssen: die durch seine Eigenart bedingten Unterrichtsbedürfnisse und Unterrichtsforderungen aus sich selbst heraus zu entwickeln. Es wird sich hier naturgemäß ebenso um Fragen der Wissenschaft und der Erkenntnis, wie um Fragen der Schule und des Unterrichts handeln.

Wollen Sie mir gestatten, einige derartige Fragen für das Fach der Physik anzuregen und in den Vordergrund des Interesses zu rücken, meine Stellung dazu Ihnen auseinander zu setzen und Sie zu bitten, meine Bemerkungen wohlwollend nachzuprüfen und nachzusehen, inwieweit Sie eine Umsetzung in die Praxis für möglich halten.

Wir wollen unsere physikalischen Unterrichtsfragen mit der Frage beginnen, ob wir für den Unterricht Systematisierung und Vollständigkeit anzustreben oder den Standpunkt einer freien Einführung in ausgewählte Kapitel zu bevorzugen haben.

Ein systematisierender, Vollständigkeit erstrebender Standpunkt würde sich die Aufgabe zu stellen haben: die innere Geschlossenheit und methodische Strenge als spezielle Eigenart wissenschaftlicher Anforderung stärker zur Anschauung zu bringen. Ein einführender Standpunkt würde sich die Aufgabe zu stellen haben: unter Verzicht auf Vollständigkeit irgendeiner Art auf dem kürzesten Wege in freier Auswahl in die Gedanken und Ideen einzuführen, welche in der Geschichte und in dem Leben der Wissenschaft eine Rolle gespielt haben und noch spielen.

Um es von vornherein zu sagen: Meine Wahrnehmungen scheinen mir dafür zu sprechen, daß sich die Schule die Tendenz einer Systematisierung zu stark angelegen sein läßt. Ich sehe in dem Verzicht auf Vollständigkeit, in der Vertretung eines einführenden Standpunktes ausgewählter Kapitel das Heil eines guten, zweckentsprechenden Schulunterrichts. Zur Aufklärung der hier vorliegenden Verhältnisse gibt es auch naturwissenschaftlich kein besseres Studium, als das der Geschichte einzelner Teile naturwissenschaftlicher Disziplinen.

Die Wissenschaft hat sich zu allen Zeiten: Geschlossenheit, Strenge und Systematik angelegen sein lassen und muß sich solche angelegen sein lassen. Die Geschichte zeigt aber ebenso, daß sich ein zu starkes Festhalten an Geschlossenheit und Strenge stets als ein Hindernis eines gesunden Fortschritts erwiesen hat. Hier wurzelt das Wesen der Induktion, dem Wissenschaft und Unterricht in gleicher Weise Rechnung zu tragen haben werden. Im Gegensatz dazu fordert Systematisierung zu einer stärkeren Anwendung der Deduktion auf, als es gerade für naturwissenschaftlichen und damit für physikalischen Unterricht als angemessen erachtet werden möchte.

Um diesen schwierigen Fragen gegenüber die hier angemessenen Gesichtspunkte zu gewinnen, haben wir uns nicht auf den naiven Standpunkt zu stellen: in unseren Hypothesen, Theorien, Systemen mehr als ein Bild sehen zu wollen. Im Gegenteil, wir werden uns die durchaus moderne Auffassung zu vergegenwärtigen haben: alle unsere Hypo-

thesen, Theorien und Systeme wissenschaftlich lediglich nur vom Standpunkt der Arbeitswerte aus aufzufassen. Es ist lediglich die Schnelligkeit der Entwicklung der Wissenschaft gewesen, welche diesen Standpunkt gezeitigt hat. Ohne diese Entwicklung wären wir unzweifelhaft auf dem früheren Standpunkt einer übertriebenen Einschätzung der Systematik und Systematisierung stehen geblieben. Es handelt sich eben nicht darum, wie man sich ohne Kenntnis der Geschichte und der durch sie gegebenen Erfahrung die hier in Betracht kommenden Verhältnisse vorzustellen hat. Die Geschichte und die durch sie gegebene Erfahrung hat hier unsere erste Lehrmeisterin zu sein.

Für den Schulunterricht erwachsen aus dieser Situation naturgemäß besondere Aufgaben. Es kann nicht Aufgabe der Schule sein allen Wandlungen der Wissenschaft im kürzesten Abstande zu folgen — im Gegenteil: die Schule wird in einem gewissen Abstande den Wandlungen, die im Wesen der Wissenschaft liegen, zu folgen haben. Der für die Schule sich hieraus ergebende Standpunkt scheint mir der: ausgewählte Kapitel aus der Geschichte der Wissenschaft zu bevorzugen; noch mehr als bisher auf eine reinliche Scheidung des Tatsächlichen und des Theoretischen bedacht zu sein.

Vergegenwärtigen wir uns an einigen wenigen Beispielen die Wandlungen, die sich in den letzten Jahrzehnten auf dem Gebiete der physikalischen Wissenschaft selbst vollzogen haben.

Erstes Beispiel:

Beginnen wir mit den Anschauungen, die man sich über die Stellung der Mechanik innerhalb der Physik machen kann und gemacht hat.

Bis noch vor wenigen Jahrzehnten bestand kein Zweifel darüber, daß die analytische Mechanik nicht nur am besten in das Studium der Physik einführe, sondern auch für den systematischen Aufbau grundlegend sei. So spielte z. B. vor zwanzig Jahren das Studium mechanischer Analogien und mechanischer Modelle in der Physik eine große Rolle. Sir W. Thomson, der spätere Lord Kelvin war hierin besonders erfinderisch, auch Maxwell hatte sich hierin betätigt, dann

folgten deutsche Physiker dem Beispiel: Helmholtz, Boltzmann; Klein und Sommerfeld begannen mit ihrer weit angelegten Monographie über die Theorie des Kreisels.

Es handelte sich um den Versuch Erscheinungen aus der mechanischen Wärmetheorie, der Optik, der Elektrodynamik mechanisch zu deuten und zu veranschaulichen. Die Anschauungen haben sich vollkommen gewandelt. Heute ist man eher geneigt, die Elektrodynamik als systematisch grundlegende Disziplin anzusehen und die Mechanik als einen speziellen Fall der Elektrodynamik zu betrachten.

Nun ist die Anschauung: die Elektrodynamik als systematisch grundlegende Disziplin anzusehen, ein gewiß sehr gesundes wissenschaftliches Programm, und es ist in der Ausarbeitung dieses Programms – insbesondere durch M. Planck – gewiß schon Beachtenswertes geleistet. Und doch dürfen die Schwierigkeiten nicht unterschätzt werden, welche sich der Durchführung dieses Programms entgegenstellen. Die ganze ältere geschichtliche Entwicklung mit ihren Grundbegriffen und Determinationen hat eine Terminologie gezeitigt, von der wir uns nicht ohne weiteres befreien können, die wir übernehmen und beibehalten müssen. Man versuche nur: von Grund auf bauen zu wollen, ohne sich an das Bisherige anzulehnen.

Der Umstand, daß die klassische Mechanik einen besonders wichtigen Grenzfall darstellt, kann die hier vorliegende Situation erleichtern, erträglich gestalten, nicht beseitigen. So würde schon für die Einführung in den akademischen Hochschulunterricht die methodische Schwierigkeit ins Unermeßliche steigen, wollten wir aus dieser Situation für den Hochschulunterricht allzu strenge systematische Forderungen auch nur anregen.

Zweites Beispiel:

Vergegenwärtigen wir uns die Rolle, welche die Atomistik in der Geschichte der Physik gespielt hat.

Die Atomistik ist bekanntlich am Anfang des 19. Jahrhunderts für die Entwicklung der Chemie von grundlegender Bedeutung geworden. Physik und Chemie lagen damals in vielen Fällen in der Hand derselben Männer und waren nicht in dem Maße getrennt, wie z. B. in der Mitte des 19. Jahrhunderts; so war es erklärlich, daß die Atomistik von der Chemie aus einen großen Einfluß auf die Physik ausübte.

Hatte es sich für die theoretischen Vorstellungen der Chemie als zweckmäßig erwiesen, auf die Atome als kleinste Teile der Materie zurückzugehen, so schien nichts näher zu liegen, als auch in der Physik auf diese als Elemente der Betrachtung zurückzugehen. Die Schriften der theoretischen Physiker jener Zeit sind voll von derartigen Spekulationen.

Die Entwicklung der physikalischen Wissenschaft hat diesen Ausgangspunkt nicht in dem Umfange gerechtfertigt, in dem dies erwartet war. Abgesehen von Gebieten, die einen engeren Anschluß an die Chemie organisch forderten, wie die kinetische Gastheorie oder die Theorie der Elektrolyse, erschien es vom Standpunkte der physikalischen Wissenschaft in vielen Fällen zweckmäßiger, bei der Vorstellung einer den Raum stetig erfüllenden Materie stehen zu bleiben: das Volumelement, nicht das Atom oder das Molekül war dann der naturgemäße Angriffspunkt einer theoretischen Behandlung.

In der Tat eine übertriebene Verwertung der Atomistik in der Physik hatte zu Mißbräuchen geführt. In diesem Sinne liegen Äußerungen namhafter Physiker aus der Zeit vor vierzig Jahren vor. So fällt in das Jahr 1871 die Äußerung von Helmholtz[1]): „Über die Atome in der theoretischen Physik sagt Sir W. Thomson sehr bezeichnend, daß ihre Annahme keine Eigenschaft der Körper erklären kann, die man nicht vorher den Atomen selbst beigelegt hat. Ich will mich, indem ich diesem Ausspruch beipflichte, hiermit keineswegs gegen die Existenz der Atome erklären, sondern nur gegen das Streben, aus rein hypothetischen Annahmen über Atombau der Naturkörper die Grundlagen der theoretischen Physik herzuleiten."

Bekannt ist der Standpunkt, den Kirchhoff 1876 in der Vorrede zu seiner Mechanik niederlegte: „Es ist bei den Vorlesungen die Annahme festgehalten, daß die Materie stetig den Raum erfüllt, wie sie es zu tun scheint; die Theorien, die auf der Annahme von Molekülen beruhen, sind in ihnen nicht berührt."

Die vor dreißig Jahren stark einsetzende Entwicklung der physikalischen Chemie brachte zunächst eine weitere Abschwächung des

---

1) H. Helmholtz. Gedächtnisrede auf Magnus 1871. Vorträge und Reden 1884. II. S. 47. – Im Gegensatz zu der erwähnten Äußerung hat W. Thomson später den Atomen auch in der Richtung der Modelle eine sehr weitgehende Aufmerksamkeit geschenkt.

Einflusses der Atomistik mit sich. Ich erinnere an Äußerungen von W. Ostwald, welche fast an Ablehnung grenzten.

Die an die Entdeckung der Radioaktivität am Ende des 19. Jahrhunderts knüpfende Forschung hat bekanntlich das Interesse an der Atomistik wieder stärker in den Vordergrund gerückt. Aber die Atomistik hat auch innerhalb der Chemie ein ganz anderes Gepräge erhalten. Die Atome sind nicht mehr die starren unveränderlichen Bausteine der Materie, es sind Träger erheblicher Energiequanten und als solche erheblicher Umwandlungen fähig.

„Was ist das" – ruft W. Voigt[1]) in seiner letzten Rektoratsrede aus – „für ein Gebilde von unausdenkbarer Kleinheit, das Tausende verschiedener, dabei völlig definierter und für die Substanz charakteristischer Schwingungsarten auszuführen und auszusenden vermag? Alle die in gehäufter Menge gewonnenen neuen Resultate zeigen uns die Konstitution des materiellen Atoms nur um so unverständlicher! Das Rätsel wird immer rätselhafter!"

Drittes Beispiel:

Als drittes und bedeutsamstes Beispiel wollen wir uns die Rolle vergegenwärtigen, welche der Äther — Lichtäther, elektromagnetischer Äther – in der Systematik der Physik gespielt hat.

Die Frage nach der Existenz eines raumerfüllenden Äthers erhielt geschichtlich in der Physik durch die Undulationstheorie des Lichtes ihre bestimmte Stellung, insbesondere durch die Form dieser Theorie, welche die Natur des Lichtes als eine elastische Erscheinung auffaßte. Wie der Schall zu seiner Existenz eines ponderabeln Mittels, z. B. der Luft, bedarf, so sollte das Licht zu seiner Existenz eines imponderabeln Mittels – des Äthers bedürfen. Ob der Äther nun wirklich ganz imponderabel wäre, konnte dahingestellt bleiben. Von W. Thomson rührt bekanntlich ein Versuch her, eine obere Grenze für seine geringe Dichte anzugeben. Die geringe Dichte des Äthers war noch eine durchaus plausible Vorstellung – wohl verträglich mit den scheinbar ohne Reibungswiderstand vor sich gehenden Bewegungen der Himmelskörper, wie solche die Astronomie behandelt. Weniger plausibel wollte

1) W. Voigt. Physikalische Forschung und Lehre in Deutschland während der letzten hundert Jahre. Festrede im Namen der Georg-August-Universität zur Jahresfeier der Universität. Göttingen 1912. S. 22.

in Verbindung damit die hohe Elastizität des Äthers einleuchten und noch dazu eine Form der Elastizität, wie solche festen Körpern zukommt: die Gestaltselastizität, auf deren Existenz die Möglichkeit elastisch-transversaler Wellen beruhte.

Die elastische Undulationstheorie des Lichts fiel, und mit ihr die künstlichen Vorstellungen, welche man einer übertriebenen Systematik zu Liebe für die elastischen Eigenschaften des Äthers konstruiert hatte. Die elektromagnetische Undulationstheorie trat an ihre Stelle, aber der Äther bildete zunächst weiter einen festen Bestand in dem Inventar übernommener Grundbegriffe.

H. Hertz[1]), dessen Experimente in erster Linie den Übergang von der elastischen zur elektromagnetischen Lichttheorie bedingt hatten, bezeichnete 1889 als eine Hauptfrage, die nach dem Wesen, nach den Eigenschaften des raumerfüllenden Mittels, des Äthers, nach seiner Struktur, seiner Ruhe oder Bewegung, seiner Unendlichkeit oder Begrenztheit. „Immer mehr“ — fährt er fort — „gewinnt es den Anschein, als überrage diese Frage alle übrigen, als müsse die Kenntnis des Äthers uns nicht allein das Wesen der ehemaligen Imponderabilien offenbaren, sondern auch das Wesen der alten Materie selbst und ihrer innersten Eigenschaften, der Schwere und der Trägheit. Die Quintessenz uralter physikalischer Lehrgebäude ist uns in den Worten aufbewahrt, daß alles, was ist, aus dem Wasser, aus dem Feuer geschaffen sei. Der heutigen Physik liegt die Frage nicht mehr ferne, ob nicht etwa alles, was ist, aus dem Äther geschaffen sei? Diese Dinge sind die äußersten Ziele unserer Wissenschaft, der Physik“.

Ich kann noch andere Beispiele anführen, welche die Bedeutung in ein helles Licht setzen, welche das 19. Jahrhundert aus systematischen Gründen dem Äther und seiner Existenz für die Physik beilegte: P. Drude schrieb 1894 seine „Physik des Äthers auf elektromagnetischer Grundlage“. — Bis zum Jahre 1902 wurden die von der Deutschen physikalischen Gesellschaft, früher Berliner physikalischen Gesellschaft, jährlich herausgegebenen Fortschritte der Physik eingeteilt in die Physik der Materie und in die Physik des Äthers. Erst in den Fortschritten vom Jahre 1903 ist die Bezeichnung Physik des

1) H. Hertz. Über die Beziehungen zwischen Licht und Elektrizität. Vortrag bei der 62. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte zu Heidelberg am 20. September 1889. Gesammelte Werke 1895. Bd. I. S. 354.

Äthers gefallen, — wohl in der Erwägung, daß man einem so hypothetischen Elemente gegenüber, wie es der Äther ist, eine so bedeutsame Rolle in der Systematik der physikalischen Wissenschaft nicht einräumen darf.[1])

Die moderne Relativitätstheorie (1905) hat dann weiter dazu beigetragen, die Bedeutung des Äthers für die Physik abzuschwächen, beziehungsweise aufzuheben. Das Streben nach Anschauung und Veranschaulichung möchte vielleicht für Beibehaltung des Äthers sprechen, aber der Äther als grundlegender Träger elektromagnetischer Wellen führt zu Widersprüchen mit der Erfahrung. Die Relativitätstheorie sucht durch rechnerische Ansätze zwischen Raum- und Zeitkoordinaten diese Widersprüche zu heben. Bei Lage der Dinge entstehen dadurch für die Anschauung naturgemäß Schwierigkeiten — Schwierigkeiten, welche um so größer erscheinen, als sie an den Grundpfeilern bisheriger Vorstellungen über Raum, Zeit und Masse rütteln.

Ich will mich auf diese drei Beispiele aus der Geschichte der Physik beschränken: Mechanik, Atomistik, Äther. Diese Beispiele zeigen deutlicher, wie andere die Schwankungen der Anschauungen auf, welche durch die innere Natur der wissenschaftlichen Entwicklung bedingt erscheinen. Man darf sich über diese Natur der wissenschaftlichen Entwicklung nicht irgendwelche Vorstellungen machen; diese Natur der wissenschaftlichen Entwicklung will für sich geschichtlich studiert sein — und das Ergebnis dieses Studiums wird ein ganz anderes sein, als man das vor dem Studium erwartet haben wird.

So werden gewiß nicht bloß Laien, sondern auch manche Naturforscher in Hinblick auf die erwähnten Schwankungen gewisser Grundanschauungen die Folgerung ziehen wollen, daß das wissenschaftliche Gebäude der Physik während der letzten Jahrzehnte den stärksten Erschütterungen ausgesetzt gewesen sein mag. Diese Folgerung trifft nicht zu.

Im Gegensatz dazu bemerkt W. Voigt[2]) in seiner schon erwähnten Rektoratsrede: „Es ist ein stolzer Eindruck, wie so tiefgreifende Änderungen das Gefüge unserer Wissenschaft nirgends erschüttern,

---

1) Die gegenwärtige Einteilung der „Fortschritte der Physik" ist: 1. Abteilung: Allgemeine Physik, Akustik, Physikalische Chemie. — 2. Abteilung: Elektrizität und Magnetismus, Optik des gesamten Spektrums, Wärme.

2) W. Voigt. Die unter Seite 7 zitierte Festrede. S. 12.

sondern nur dazu dienen, denjenigen Erscheinungen, die sich dem großen Gebäude bisher nicht einfügen wollten, ihren notwendigen Platz zu bereiten."

Es handelt sich nunmehr darum: aus der geschilderten wissenschaftlichen Situation heraus die Konsequenzen zu ziehen, die für den Unterricht in Frage kommen. Je mehr man in jedem einzelnen Falle die durch die Entwicklung der Wissenschaft zustande gekommene Erkenntnislage[1]) durchdenkt, um so mehr wird man für den Unterricht zu dem Standpunkt gedrängt: systematische Forderungen in den Hintergrund zu rücken und an ihrer Stelle die Forderung zu erheben, aus der geschichtlichen Entwicklung der Wissenschaft ausgewählte Kapitel treten zu lassen, an denen man das Wesen der Wissenschaft besser, wahrer und wirklicher zur Darstellung bringen kann, als durch den Zwang einer unter Umständen unrichtigen Systematisierung, welche ein falsches Bild der Wissenschaft vortäuscht.

Diese Forderung gilt in gleicher Weise für den Hochschulunterricht wie für den Elementarunterricht. Um ein berühmtes Beispiel aus dem Hochschulunterricht zu erwähnen: Die Neumann'schen Vorlesungen sind keine systematischen Vorlesungen, ihr ganzer Reiz ist darin begründet, daß sie weder systematisch sind noch systematisch sein wollen. Sie gehen mitten in die zu behandelnde Erscheinungswelt hinein und erläutern die auseinanderzusetzenden Grundbegriffe und Grundsätze an der Hand der wichtigsten Beispiele. Ich stelle ein anderes berühmtes Beispiel aus dem Elementarunterricht dem erwähnten aus dem Hochschulunterricht zur Seite: Michael Faraday, Naturgeschichte einer Kerze. Sechs Vorlesungen für die Jugend.

Die Unbekanntschaft mit den von mir behandelten erkenntnismäßigen Momenten, vor allem eine nicht angemessene, unzweckmäßige

1) Ich habe den Ausdruck „Erkenntnislage" zuerst in meinem Beitrag zur Festschrift für H. Webers siebzigsten Geburtstag 1912 gebraucht und möchte ihn als *terminus technicus* empfehlen. Während das Wort *Erkenntniszustand* den kenntnismäßigen Zustand ins Auge faßt, in dem sich Wissen und Können einer gewissen Zeit befinden — einen Zustand, der sich seines Besitzes freut, will *Erkenntnislage* die erkenntnismäßige Lage ins Auge fassen, welche die weitere Entwicklung der Wissenschaft in der einen oder anderen Richtung begünstigt oder hemmt — eine Lage, die den Sinn auf die Zukunft der Wissenschaft und ihre Möglichkeiten gerichtet hat.

Systematisierung kann nur zu unerwünschten Unterrichts-Situationen führen, die ich unter dem Namen „moderne Scholastik" zusammenfassen möchte.

Als Beispiel einer solchen Scholastik möchte ich die in vielen Fällen noch immer an der Spitze des physikalischen Elementarunterrichts stehende Behandlung der „Eigenschaften der Materie" ansehen. Äußerlich betrachtet mag die Besprechung dieser Eigenschaften gründlich, vielleicht auch vollständig erscheinen; innerlich genommen ist sie in der Mehrzahl der Fälle inhaltsleer, nichtssagend und langweilig.

Die Aggregatzustände der Materie müssen natürlich besprochen werden: Aber dabei muß eine Definition in den Vordergrund gestellt werden, welche die Beziehung zu der experimentell feststellbaren Wirklichkeit an keiner Stelle vermissen läßt. Das kann unter sehr verschiedenen Gesichtspunkten geschehen — so unter mechanischen und thermischen Gesichtspunkten. Für eine der Mechanik (Elastizität) entsprechende Definition geben bekanntlich die Begriffe Gestalt und Volumen, also ein Ähnlichkeits- und ein Größenbegriff die erwünschte Handhabe: Feste Körper halten an Gestalt und Volumen fest, tropfbar flüssige an Volumen, gasförmige weder an Gestalt noch an Volumen. Ich will nicht zu ausführlich auf den Gegenstand eingehen; Grenzfälle können natürlich Schwierigkeiten bereiten. Dagegen wäre die Beziehung der Definition der Aggregatzustände zu molekulartheoretischen Hypothesen höchstens als Vorstellungsmöglichkeit zu erwähnen.

Einen ungebührlich breiten Raum nehmen in vielen Lehrbüchern noch immer als Eigenschaften der Materie: Undurchdringlichkeit, Porosität, Teilbarkeit ein.

Es handelt sich hierbei nach meiner Meinung um scholastische Überreste aus einer Zeit, in der man in Ermanglung von Erfahrungsmaterial an Worte anknüpfte, um aus diesen Worten möglichst viel herauszuholen, was nicht herauszuholen war oder doch nur in losem Zusammenhang mit Tatsachenmaterial stand; jedenfalls steht bei diesen mir vorschwebenden Auseinandersetzungen der Tatsacheninhalt erheblich zurück hinter einem künstlich geprägten Wortinhalt. Je mehr wir in der Literatur zurückgehen, mit einer um so größeren Breite finden wir diesen Begriffen Betrachtungen gewidmet.

Undurchdringlichkeit: Man spricht davon, daß nicht gleichzeitig zwei Materien an einer Stelle sein können. Die Verwertung dieses Satzes erscheint äußerst beschränkt. Was heißt hier Materie? Viel fruchtbarer und wichtiger erscheint erfahrungsgemäß der gegenüberzustellende Satz, daß physikalische Zustände sehr wohl an einer und derselben Stelle übereinander lagern können: Thermische, magnetische, elektrische Zustände. Alle Auseinandersetzungen über Undurchdringlichkeit materieller Zustände tragen für mich einen ausgeprägt scholastischen Charakter.

Porosität: Die Materie soll Poren haben. Dieser Ausdruck spielt z. B. in Euler's sonst trefflichen Briefen an eine deutsche Prinzessin eine große Rolle. Es soll damit wohl auf Erscheinungen hingewiesen werden, welche dem künstlich konstruierten Begriff der Undurchdringlichkeit zu widersprechen scheinen und diesen ergänzen sollen. Gerade beide Begriffe: Undurchdringlichkeit und Porosität zusammen sind geeignet das Künstliche, Unnatürliche der Begriffsbildung zur Anschauung zu bringen.

Teilbarkeit: Die Eigenschaft der Teilbarkeit der Materie wird in den scholastischen Auseinandersetzungen offenbar deshalb so stark in den Vordergrund gerückt und betont, um sie in Beziehung zur Atomistik oder zur Atomvorstellung zu setzen.

Der experimentelle Tatbestand ist aber folgender: Erfahrungsgemäß hat die mechanische Teilbarkeit ihre Grenze. Es werden sich je nach Anwendung mechanischer Methoden verschiedene Grenzwerte aufstellen lassen. Nun setzt in die Betrachtung ein Gedankenexperiment[1]) ein: Es wird eine weiter über die mechanischen Methoden hinausgehende Teilbarkeit gedacht und daran demonstriert, daß auch das Gedankenexperiment eine Grenze haben soll.

Man kann ja vielleicht über das Gedankenexperiment verschieden denken. Mir hat sich aber die Frage aufgedrängt, ob das vorliegende Gedankenexperiment ein angemessener Ausdruck für das ist, was die chemische Atomistik wiedergeben will, was sie besonders für den Unterricht wiedergeben soll. Nachdem die Bedeutung der Me-

1) Es ist das der von E. Mach herrührende treffende Ausdruck. Der Begriff des Gedankenexperiments spielt in der Tat in der Physik eine bedeutungsvolle, positiv fruchtbare Rolle, kann natürlich aber auch eine negativ unfruchtbare Rolle spielen.

chanik für die Physik geschwächt ist, nachdem auch die mechanischen Analogien an Bedeutung und Wichtigkeit verloren, darf wohl die Frage aufgeworfen werden, ob es richtig ist die Atomistik derart mit mechanischen Anschauungen zu verquicken, wie es die elementaren Auseinandersetzungen über die Teilbarkeit der Materie tun.

Als Beispiel unzweckmäßiger Systematisierung besonderer Art möchte ich hier noch das mir häufig entgegengetretene Bestreben erwähnen, den Unterricht durch ausführliches Eingehen auf die Wirkungsweise der Elektrisiermaschine, z. B. der Influenzmaschine, zu stark zu belasten. Die Mittel Elektrizität herzustellen spielen, so willkommen sie natürlich an sich sind, wissenschaftlich, unterrichtlich genommen den Gegenständen gegenüber, die vor allem besprochen und klar gelegt werden müssen: den fundamentalen elektrischen Erscheinungen und Gesetzen gegenüber — eine untergeordnete Rolle. Der hier einzunehmende Standpunkt scheint mir der: Wir verschaffen uns auf irgendeine Weise Elektrizität, um mit ihr experimentieren zu können; wie wir Elektrizität herstellen, woher wir sie entnehmen, kann für den eigentlichen Unterricht gleichgiltig sein — sie ist da! In dem Bestreben allzu ausführlich auf die Wirkungsweise einer Elektrisiermaschine einzugehen, scheint mir eine intellektuelle Verwechslung vorzuliegen, als ob die Kenntnis der Herkunft der Elektrizität uns einen tieferen Einblick in das Wesen der elektrischen Erscheinungen gewähren könnte. Davon kann garnicht die Rede sein!

Es handelt sich nun darum, das vorgetragene Material in einem allgemeinen Begriff zusammenzufassen und zu einer angemessenen Bezeichnung in Beziehung zu setzen. Diese Bezeichnung soll das zum Ausdruck bringen, was zu bemängeln ist, und soll weiterhin ein Führer sein, uns zu orientieren und zu schwebenden Fragen Stellung zu nehmen.

Diesen allgemeinen Begriff, den ich meinen weiteren Betrachtungen zugrunde legen will, möchte ich mit dem Ausdruck „Intellektualismus“ belegen. Ohne an die Bedeutung dieses Wortes bei anderen Autoren[1]) anknüpfen zu wollen, definiere ich Intellektualismus

1) Ich präge hier die Bezeichnung Intellektualismus in einem besonderen Sinn, also anders als z. B. Herbart und wohl auch Eucken. — In der Diskussion wurde von einer Seite der Standpunkt vertreten, daß ein

als eine intellektuelle Stellungnahme den zu behandelnden Gegenständen gegenüber, welche diesen überhaupt nicht oder doch nur sehr zum Teil zukommt. Der Intellektualismus vergreift sich zur Bewältigung der in Betracht kommenden Situationen, um deren Begreifen es sich handelt, in der Wahl der zur Verfügung stehenden intellektuellen Mittel.

Einer intellektualistischen Auffassung der Wissenschaft stelle ich das Erleben, beziehungsweise das Nacherleben der Wissenschaft gegenüber. Für den Schulunterricht kann naturgemäß nur von einem Nacherleben die Rede sein. Der naturwissenschaftliche Unterricht hat vor anderen Unterrichtsgegenständen den Vorzug: durch seine Hilfsmittel oder durch seine Beobachtung der Natur ein Nacherleben der Wissenschaft leichter zur Tat werden zu lassen.

Seine Wurzel findet der Intellektualismus psychologisch in dem durchaus begreiflichen Streben: die zu behandelnden Gegenstände mit besonderen intellektuellen Mitteln zu fassen und dadurch dem Verständnis leichter zugänglich zu machen. Sind diese intellektuellen Mittel falsch gewählt, so liegt es auf der Hand, daß das wahre Verständnis erschwert statt erleichtert wird; das wahre Verständnis er-

---

Vergreifen in der Wahl der intellektuellen Mittel nicht vorkommen dürfe. Ich kann darauf nur erwidern, daß die Geschichte der Wissenschaft, geschweige denn die des Unterrichts eine viel größere Verbreitung der Erscheinung des Intellektualismus aufdeckt, als man sich das auf den ersten Blick vorstellen mag. Ich halte den Intellektualismus für die verbreitetste Krankheit des Schulunterrichts; das äußert sich auch darin, daß der Irrtum des Schülers in sehr vielen Fällen psychologisch falsch behandelt und bewertet wird.

Nach meinen Erfahrungen sitzt bei der Mehrzahl der Studierenden der von der Schule mitgebrachte Intellektualismus so fest, daß es bei begabten Studierenden erst am Ende der Studienzeit gelingen mag, ihn zu erschüttern. Aber die akademische Einwirkung ist — weil vorübergehend — zu schwach, die Einwirkung des dann wieder folgenden Schulmilieus zu stark, als daß in der Hand des jungen Oberlehrers nicht schließlich alles wieder in das Fahrwasser eines Intellektualismus mit seinen über das Ziel hinausschießenden einseitigen Vernünfteleien zum Schaden der Schule endigen sollte.

Es handelt sich hier keineswegs um Erscheinungen, die nur einem bestimmten Schulfache anhaften. Von diesem Standpunkte aus will mir der Kampf um die Fächer und ihre Ausdehnung untergeordnet erscheinen. Die große, zurzeit im Vordergrunde stehende Schwierigkeit liegt in der Frage, wie das einzelne Fach den Altersstufen der Schüler entsprechend schulmäßig zu behandeln ist.

scheint verschleiert. Dem wahren Verständnis wird so ein scheinbares Verständnis gegenüber zu stellen sein.

Es handelt sich übrigens bei den Erscheinungen des Intellektualismus keineswegs um Erscheinungen, die nur dem Physikunterricht, also einem bestimmten Schulfache anhaften. Andere Schulfächer scheinen mir in viel höherem Grade den Klippen des Intellektualismus ausgesetzt; so scheint mir die Frage, wie vermeidet man den Intellektualismus, die große Frage des Schulunterrichts zu sein; ja es scheint mir die Frage, unter deren Form ein Kampf der Fächer um ihre Stellung im Rahmen des Gesamtunterrichts allein lohnend und angemessen sein dürfte. Die Physik scheint mir gerade in diesem Kampf mit Vorzügen ausgestattet — ein Grund mehr, daß gerade der Physikunterricht sich alle Mühe gibt, die Klippen des Intellektualismus aufzudecken und zu vermeiden.

ZWEITER VORTRAG.

NATURALISTISCHE WELTANSCHAUUNGEN. KAUSALITÄT. MATHEMATISIERUNG.

Am Ende meines ersten Vortrages habe ich den Komplex von Erscheinungen und Äußerungen des Unterrichts, auf den ich behufs besserer Abwehr und Bekämpfung Ihre besondere Aufmerksamkeit lenken wollte, in eine Bezeichnung zusammenzufassen versucht: Intellektualismus. Ich definierte Intellektualismus als eine intellektuelle Stellungnahme den zu behandelnden Gegenständen gegenüber, welche diesen überhaupt nicht oder doch nur sehr zum Teil zukommt.

Mit Intellektualismus haben wir auch in anderen Verhältnissen, als Unterrichts-Verhältnissen zu tun. Der Intellektualismus mag sich zu verschiedenen Zeiten in verschiedenen Formen äußern, in seinem inneren Wesen bleibt er der gleiche; so findet er durch Bezugnahme auf ältere Zeiten seine willkommene Erläuterung. Schon im Altertum spielt der Intellektualismus eine Rolle. Der Kampf des Sokrates gegen die Sophisten war ein Kampf gegen den Intellektualismus. Das Wort des Sokrates

ἃ μὴ οἶδα οὐδ᾽ οἴομαι εἰδέναι

war ein rechtes Wort gegen den Intellektualismus und liefert noch heute einen willkommenen Beitrag zur Charakteristik des Intellektualismus. Der Intellektualismus gibt vor, über Dinge Auskunft geben zu können, über die eine Auskunft versagt ist oder über die eine Auskunft naturgemäß überhaupt nicht am Platze ist. Es ist besser gar keine Auskunft geben, als eine falsche Auskunft, ohne daß darum die Erscheinung, um welche es sich handelt, ignoriert und verschwiegen zu werden braucht.

Es liegt auf der Hand, daß dem Intellektualismus neben überkommenen intellektuellen Mitteln die intellektuellen Mittel bevorzugt erscheinen, welche die jedesmalige Zeit entwickelt und vielleicht zu gewohnheitsmäßigen gestaltet hat. Es wird sich darum handeln, durch das Studium der Geschichte der Wissenschaft und des Unterrichts sich

soweit zu schulen: das Intellektualistische der Vergangenheit und der Gegenwart zu erkennen, um es nach Möglichkeit aus dem Unterricht fernzuhalten, und um das Tatsächliche in desto größerer Reinheit auf den Unterricht wirken zu lassen. So sind für mich die sogenannten naturalistischen Weltanschauungen nichts anderes als Äußerungen eines Intellektualismus.

Wir könnten in diesem Punkte nicht so klar sehen, wenn nicht das 19. Jahrhundert durch eine naturalistische Weltanschauung ausgefüllt gewesen wäre, welche heute wohl nur noch wenige Vertreter aufzuweisen haben wird — ich meine den Materialismus des 19. Jahrhunderts. Als Vater dieses Materialismus wird man keinen geringeren als Laplace bezeichnen können. Die starren Atome der Chemie und die Gravitationskräfte der Astronomie waren die Bausteine, aus denen sich dieser Materialismus in außerordentlich anschaulicher und durchsichtiger Weise aufbaute. In einer Universitätsrede[1]) habe ich die materialistische Epoche des 19. Jahrhunderts von diesem Standpunkt näher charakterisiert, ohne daß ich mich der Bezeichnung Intellektualismus bedient hätte.

In dieser Rede habe ich auch die monistische Bewegung der Gegenwart berührt. Auch der Monismus ist für mich eine durchaus intellektualistische Erscheinung. Aber ich halte es nicht für zweckmäßig auf diese moderne Äußerung einer intellektualistischen Weltanschauung hier einzugehen; ich versage es mir um so lieber, als manchem von Ihnen vielleicht der Monismus eine Herzensangelegenheit sein mag.[2]) Ich muß mich hier auf die Erklärung beschränken,

1) Die materialistische Epoche des neunzehnten Jahrhunderts und die phänomenologisch-monistische Bewegung der Gegenwart. Rede am Krönungstage, 18. Januar 1909, in der Aula der Kgl. Albertus-Universität zu Königsberg i/Pr. gehalten. Leipzig 1909.

2) Nach meinen Wahrnehmungen erscheinen zur Zeit Lehrer der Schulen dem Monismus in höherem Grade verfallen, als Lehrer der Hochschulen. Daß der gegenwärtige Führer der monistischen Bewegung, W. Ostwald, der Verfasser des bekannten „Notrufes wider das Schulelend, Leipzig 1909“ auf der Delegierten-Versammlung des Deutschen Monistenbundes am 31. Januar 1911 in München die Reform unseres Schulwesens als wichtigsten Angriffspunkt für seine Arbeit bezeichnet hat, dürfte die Verwirrung der gegenwärtigen Situation auf diesem Gebiete in einem um so grelleren Lichte erscheinen lassen. Jede Arbeit im monistischen Sinne auf diesem Gebiete würde unzweifelhaft nur im Sinne einer Verstärkung des von mir bekämpften Schulintellektualismus wirken.

daß meine erkenntnistheoretischen Studien mich zum Gegner der monistischen Bewegung gemacht haben. Eine intellektualistische Weltanschauung, wie der Monismus, macht die Welt kleiner und ärmer als sie ist. Eine wirkliche Weltanschauung darf nicht intellektualistisch sein, sie hat die ganze Größe und den ganzen Reichtum der Welt in sich aufzunehmen, den eine naturwissenschaftliche, geschweige denn monistische Auffassung niemals erschöpfen kann.

Ich habe in meinem ersten Vortrage, als ich an der Hand der Geschichte die Rolle behandelte, welche Mechanik, Atomistik, Äther in der Physik und im physikalischen Unterricht gespielt haben, als ich die Änderungen unserer Grundanschauungen über Raum, Zeit, Masse berührte, mir den Ausspruch von W. Voigt angeeignet; „Es ist ein stolzer Eindruck, wie so tiefgreifende Änderungen das Gefüge unserer Wissenschaft nirgends erschüttern, sondern nur dazu dienen, denjenigen Erscheinungen, die sich dem großen Gebäude bisher nicht einfügen wollen, ihren notwendigen Platz zu bereiten."

Ich möchte hier hinzufügen, daß diese tiefgreifenden Änderungen, welche die Entwicklung der Wissenschaft ständig mit sich bringt, welche das Gefüge unserer Wissenschaft nirgends erschüttern, gerade die Punkte am empfindlichsten treffen, auf denen naturalistische Weltanschauungen aufgebaut werden.

Wie mag das kommen? Wie geht das zu?

Die Fähigkeiten der Naturwissenschaften[1]) haben ihr bestimmtes Bereich, sie sind nicht unbeschränkt, sie liegen vielmehr in einer ganz bestimmten Richtung. In dieser Richtung sind sie mit Händen zu greifen, darüber hinaus versagen sie. Zur Bewältigung ihrer Aufgaben bedürfen die Wissenschaften einer besonderen Ausdrucksweise, einer besonderen Sprache — ein an sich wenig geeignetes Mittel die Dinge, um die es sich handelt, zu veranschaulichen. So schafft die Wissenschaft eine eigene Terminologie und bei dieser Schöpfung entlehnt sie Worte dem Sprachschatze des gewöhnlichen Lebens in ganz anderer Bedeutung, als die ist, zu der die Sprache sie geschaffen hat.

---

1) Man vergleiche meinen Vortrag: Fähigkeiten der Naturwissenschaften und Monismus der Gegenwart. Vortrag am 19. April 1909 im wissenschaftlichen Predigerverein zu Königsberg i/Pr. gehalten und mit einem Nachwort versehen. Leipzig 1909.

So muß ich es verurteilen, naturwissenschaftliche Unterrichtsstunden zur Einführung in naturalistische Ideen und Weltanschauungen zu verwerten. Der naturwissenschaftliche Unterricht wird nicht allein eine derartige Verwertung zu meiden haben, der naturwissenschaftliche Unterricht wird gegen eine derartige Verwertung Verwahrung einzulegen haben. Die Naturwissenschaften haben im Rahmen der Schule ganz andere Aufgaben zu erfüllen, als doch immer nur vorübergehenden Zeitströmungen und Zeitbewegungen Rechnung zu tragen.

Eine der bekanntesten Äußerungen des Intellektualismus auf physikalischem Gebiete ist die vermeintlich kausale — oder wie man früher besonders sagte: die kausal-mechanische Auffassung. Ich möchte hier diese Frage um so lieber berühren, als F. Poske[1]) in seiner ausgezeichneten Zeitschrift einer kausalen Darstellung der Physik im Unterricht das Wort redet, auch wenn man sich wissenschaftlich zu dem Begriff der Kausalität in der Physik anders stellt.

Ich kann Ihnen in diesem Zusammenhange kein besseres Beispiel anführen, als es durch ein Prüfungsthema des Ostertermines 1910 tatsächlich gegeben und bearbeitet war. Ich begehe damit keine Indiskretion, denn die Themata der Abiturientenarbeiten werden ja in den Programmen der Anstalten der Öffentlichkeit und ihrer Besprechung freigegeben. Das Thema, welches mir so überaus charakteristisch für eine intellektualistische Auffassung erscheint, lautete: „Die Elastizität des Wassers und der Luft als Ursache ihrer mechanischen Eigenschaften."

Der in Ausführung dieses Themas hauptsächlich behandelte Satz aus der Gleichgewichtslehre der Flüssigkeiten: „Der hydrostatische Druck ist innerhalb aller Teile einer Flüssigkeit, auf welche weiter keine

---

1) F. Poske. Die humanistischen Elemente im physikalischen Unterricht. Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht. 23. Jahrgang 1910 S. 244. — Wenn z. B. Poske ausführt: „Der Kausalitätsbegriff ist von Galilei bis Robert Mayer ein so mächtiger Hebel der Erkenntnis gewesen, daß wir uns seiner nicht ohne Not begeben sollten", so bin ich in meinen „Historisch-kritischen Studien zum Kausalitätsbegriff" Festschrift Heinrich Weber zu seinem siebzigsten Geburtstag am 5. März 1912 gewidmet von Freunden und Schülern, Leipzig 1912 S. 428 — zu anderen Ergebnissen gekommen; siehe auch die weiteren Ausführungen meines zweiten vorliegenden Vortrags.

Kräfte wirken, derselbe und steht senkrecht zu jedem Flächenelement, das ihm dargeboten wird“, — beruht tatsächlich auf der Verschiebbarkeit der Teile der Flüssigkeit, also der Abwesenheit einer Gestaltselastizität. Die Volumelastizität der Flüssigkeiten stellt sich als eine vollkommen davon unabhängige Begleiterscheinung dar und darf nicht herangezogen werden.[1])

Hier ist es die theoretische Physik, welche den Lehrer befähigt, ohne Schwierigkeit zu übersehen, daß die Elastizität gar keine Voraussetzung für die Gültigkeit des erwähnten Satzes ist und sein kann. Zu der hier möglichen Verwirrung hat unzweifelhaft eine wenig glückliche Fassung des erwähnten hydrostatischen Satzes beigetragen — etwa in der Form: Der hydrostatische Druck pflanzt sich von der Oberfläche in das Innere einer Flüssigkeit mit gleicher Stärke fort. Die Begriffe einer Fortpflanzung und eines Gleichgewichtszustandes schließen sich aus; entsprechend ist für die Hydrostatik als Gleichgewichtslehre der Ausdruck Fortpflanzung zu vermeiden.

Das erwähnte Beispiel zeigt, daß die Aufnahme des Wortes Ursache in das Thema eine irrtümliche Auffassung nicht gehindert, ja sogar gefördert und unterstützt hat. Die Kausalitätsfrage in den Naturwissenschaften ist auch von einem allgemeineren Standpunkte aus für die Schule nicht ganz gleichgültig — glaubte doch seinerzeit der bekannte Pädagoge W. Schrader[2]) vor Jahrzehnten auf einer Schulkonferenz darauf hinweisen zu müssen, „daß die Naturwissenschaft manchen ihrer Jünger enger an die Kategorie der Kausalität bindet, als es für das Erziehungswesen zuträglich ist“. Wie aber nun, wenn

1) Zwei Bearbeitungen des erwähnten Themas gestalteten sich in praxi derart, daß der vielleicht befähigtere Abiturient gegen den inneren Widerspruch des Themas anzukämpfen hatte, nicht zu einer glatten Darstellung gelangte und ungünstiger beurteilt wurde, als der vielleicht unbegabtere Abiturient mit seiner äußerlich glatten Darstellung.

2) Verhandlungen der Schulkonferenz. Berlin 1890. S. 731. Schrader begründet den zitierten Ausspruch, indem er fortfährt: „Denn die Kausalität weist lediglich das Gesetz auf; die Erziehung aber soll die sittliche Pflicht entwickeln und zur Freiheit verklären.“ Im Anschluß an diese Äußerung habe ich in einem Aufsatz: „Kausalität und Naturwissenschaft“ der Monatsschrift „Himmel und Erde“ Mai 1896 S. 362 ausgeführt: „Kausalität, oder sagen wir besser Notwendigkeit, und Freiheit schließen sich nicht aus, nein sie bedingen sich gegenseitig. Die sittliche Freiheit wird und kann sich auf höchster Stufe nur zeigen, wo Kenntnis des notwendigen Geschehens und Ablaufs der Naturvorgänge vorhanden ist; sie wird nach Gründen handeln.“

es naturwissenschaftliche Disziplinen, wie die Physik gibt, in denen die Kausalität keine Rolle spielt!

Die Frage nach der Kausalität in der Physik wird der Mehrzahl von Ihnen durch eine Äußerung von Kirchhoff vom Jahre 1876 geläufig sein. Entgegen den damals landläufigen Auffassungen bezeichnete es Kirchhoff als Aufgabe der Mechanik: die in der Natur vor sich gehenden Bewegungen vollständig und auf die einfachste Weise zu beschreiben; und in der Vorrede zu seiner Mechanik fügt er erläuternd hinzu: „Ich will damit sagen, daß es sich nur darum handeln soll anzugeben, welches die Erscheinungen sind, die stattfinden, nicht aber darum, ihre Ursachen zu ermitteln." Die in diesen Worten niedergelegte Kausalitäts-Auffassung läßt sich unschwer auf die gesamte Physik erweitern.

Es wäre aber ein Irrtum anzunehmen, daß diese physikalische Kausalitäts-Auffassung erst auf Kirchhoff zurückzuführen wäre; diese Auffassung ist viel älter, sie läßt sich mit Leichtigkeit auf unsere ältesten Klassiker, auf Galilei und Newton zurückführen. Ich darf hier vielleicht auf das verweisen, was ich in meinem Beitrag zur Festschrift ausgeführt habe, welche H. Weber zu seinem 70. Geburtstage, von seinen Freunden und Schülern gewidmet wurde.

In diesem Aufsatze habe ich auch den Versuch gemacht zur Aufklärung beizutragen, wie es kommen kann, daß Vertreter verschiedener naturwissenschaftlicher Disziplinen: der Physik und der Biologie eine sehr verschiedene Stellung gerade dem Kausalitätsbegriff gegenüber einzunehmen pflegen.[1])

---

1) Ich habe dort S. 436 gesagt: Die Aufgaben des Physikers liegen in der Regel in der Richtung: den naturnotwendigen Verlauf einzelner Erscheinungsreihen mit ihren Bedingungen und Voraussetzungen zu studieren, wissenschaftlich zu bearbeiten und darzustellen. Die Aufgaben des Biologen liegen in der Richtung: abgesehen von dem natürlichen Verlauf der in die spezifisch biologische Interessensphäre fallenden Erscheinungsreihen gerade die Einleitung der natürlichen Notwendigkeitsreihen, der Auslösungsvorgänge, welche sie eröffnen, zu studieren, wissenschaftlich zu bearbeiten und darzustellen.

Mir will es scheinen, als wenn diese hier von mir angedeuteten Unterschiede in den Aufgaben des Physikers und des Biologen in dem Vortrage von M. Verworn: „Kausale und konditionale Weltanschauung" Jena 1912 — nicht berührt worden sind.

Der Gegenstand des heutigen Vortrages sei nun vor allem einer Äußerung des Intellektualismus gewidmet, welche ich als Mathematisierung bezeichnen möchte. Ich stelle damit der Mathematik und der mathematischen Physik, oder wie man heute lieber sagt, der theoretischen Physik — diesen hohen, von uns allen geschätzten Wissenschaften eine Abart, ja eine Karrikatur gegenüber.

In der Vorrede zu den metaphysischen Anfangsgründen der Naturwissenschaft von Kant[1]) findet sich die Äußerung: „daß in jeder besonderen Naturlehre nur soviel eigentliche Wissenschaft angetroffen werden könne, als darin Mathematik anzutreffen ist". Diese Äußerung hat nach meiner Meinung außerordentlich viel zu der von mir bekämpften Mathematisierung der Naturwissenschaften, insbesondere der Physik, beigetragen. Unzweifelhaft ist gerade die Schule durch diese Äußerung ungünstig beeinflußt worden.

Ich möchte hier um so lieber auf den ausgezeichneten Eröffnungsvortrag der Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte in Königsberg von O. Külpe[2]) hinweisen, als diesen gewiß viele von Ihnen vor zwei Jahren gehört haben. In diesem „Erkenntnistheorie und Naturwissenschaft" betitelten Vortrag stellt Külpe nach meiner Auffassung vollkommen mit Recht es überhaupt als einen Mangel der Erkenntnislehre Kants hin, daß bei ihr die Aufgaben der Realwissenschaften in allzu spezieller und allzu starker mathematischer Prägung erscheinen. Diese spezielle und starke mathematische Prägung tritt auch in dem erwähnten Ausspruch von Kant aus der Vorrede zu den metaphysischen Anfangsgründen der Naturwissenschaft hervor.

Wie dem auch sei, es ist eine nicht allzu seltene Erscheinung, daß der einzelne, welcher nicht in dem unmittelbaren Leben der Wissenschaft steht, in der mathematischen Behandlung eines Gegenstandes eine allen Einwendungen und Angriffen entrückte Position erblickt, ohne zu bedenken, daß eine mathematische Behandlung ebenso eine geistige Durchdringung des Gegenstandes fordert, wie jede andere Behandlung. Ohne eine solche geistige Durchdringung kann im Gegen-

---

1) I. Kant. Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft. 1786. Vorrede.

2) O. Külpe. Erkenntnistheorie und Naturwissenschaft. Vortrag, gehalten am 19. September 1910 auf der 82. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte in Königsberg i. Pr. Leipzig 1910.

teil die mathematische Behandlung mehr wie jede andere Behandlung zur Gedankenlosigkeit Anlaß geben.

Der Mathematisierung des physikalischen Unterrichts und ihrer Bekämpfung wird eine um so größere Beachtung zu schenken sein, als bekanntlich schon Auswahl und Inhalt des mathematischen Unterrichts selbst Gegenstand mannigfacher Diskussionen und Wünsche ist. Ja, es mag die Frage entstehen, ob vielleicht zwischen der Mathematisierung des physikalischen Unterrichts und der Form des mathematischen Unterrichts psychologisch sich ein innerer unerwünschter Zusammenhang finden ließe. Bestände ein solcher Zusammenhang tatsächlich, so wäre der Gedanke nicht abzuweisen, daß gerade das Studium der Mathematisierung des physikalischen Unterrichts zu einer Klärung der hier vorliegenden und aufzudeckenden Verhältnisse wohl beitragen könnte.[1])

Ich darf naturgemäß hier nicht allzu stark abschweifen. Aber auch der Physiker hat an der Gestaltung des mathematischen Schulunterrichts ein besonderes Interesse und darf daher wohl auf Einzelheiten aufmerksam machen, die doch vielleicht auf die Gestaltungsform des Physikunterrichts Einfluß haben, welche ich Mathematisierung nenne. Ich würde es nicht wagen, diese Einzelheiten zu berühren, wenn ich nicht der Zustimmung meiner mathematischen Kollegen sicher wäre.[2])

Es handelt sich einmal um die liebevolle Pflege geometrischer Konstruktionsaufgaben, insbesondere Dreiecksaufgaben, über welche ja schon viel gesagt ist, und welche sich in dem noch immer betriebenen Umfange in mehr als einer Hinsicht wirklich nicht rechtfertigen läßt. Einmal kommt diesen Aufgaben wissenschaftlich gar nicht die Bedeutung zu, welche ihnen eine Richtung der Pädagogik zuweisen möchte, sodann ist es ja auch bekannt, daß der damit erzielte Erfolg niemals in einem rechten Verhältnis zu den aufgewandten Bemühungen des Unterrichts stehen will. Es wird sich auch nicht leugnen lassen, daß

---

1) Von beachtenswerter Seite wurde aus dem Kreise der Schulmänner in der an meine Vorträge anschließenden Diskussionsstunde der Mathematisierung der Physik die Mathematisierung der Mathematik zur Seite gestellt und in Verbindung damit eine Reduktion der obligaten vier mathematischen Abiturientenarbeiten auf drei befürwortet.

2) Ich erinnere an dieser Stelle an F. Lindemann „Lehren und Lernen in der Mathematik". Rede beim Antritt des Rektorates. München 1904.

die für Lösung von Konstruktionsaufgaben erforderliche kombinatorische Fähigkeit nicht ausschließlich als eine spezifisch mathematische Betätigung angesehen werden kann. Eine Vergleichung mit dem Schachspiel liegt in mehr als einer Hinsicht nahe.

Mit der einseitigen Bevorzugung geometrischer Dreiecksaufgaben geht die Bevorzugung trigonometrischer Dreiecksaufgaben Hand in Hand. Was ich an der Behandlungsweise solcher geometrischer und trigonometrischer Aufgaben noch besonders aussetzen möchte, und was ich auch von mathematischen Kollegen an dieser Behandlungsweise ausgesetzt gefunden habe, ist, daß ihre Wahl beziehungsweise Auswahl in vielen Fällen unter Rücksicht auf die Anwendung eines sogenannten besonderen Kunstgriffs bedingt erscheint. Solche Kunstgriffe pflegen auch in der Behandlung von Gleichungen höheren Grades mit mehreren Unbekannten eine Rolle zu spielen.

Ich bin ein großer Freund kunstgemäßer Behandlung von Aufgaben und ich bin der Überzeugung, daß gerade in der Richtung kunstgemäßer Behandlung von Aufgaben die Schule mehr Anleitungen geben könnte – aber bei dem Kunstgriff handelt es sich mehr um die Ausübung eines Kunststückes als einer Kunst. Die kunstmäßige Behandlung soll innerhalb des Unterrichts etwas organisches, untrennbar mit dem ganzen zusammenhängendes, darstellen, während der Kunstgriff eigentlich den Stempel des unerwarteten, abliegenden und daher der Überraschung an sich trägt. Der Unterricht, welcher den Schwerpunkt auf die Ausübung von Kunstgriffen legt, wird vielleicht einigen wenigen Schülern – einer Freude am Sport vergleichbar – Freude bereiten; bei der Mehrzahl der Schüler wird die Vorstellung zurückbleiben, daß hier an eine besondere Anlage und Fähigkeit appelliert wird, die nicht jedermanns Sache ist. Der mathematische Unterricht hat mehr als jeder andere Unterricht allen Anlaß, diese Vorstellung so spät wie möglich aufkommen zu lassen.

Die von mir zu besprechende Mathematisierung des physikalischen Schulunterrichts wurzelt in der erwähnten formalistischen Vorstellung von dem Wesen der Mathematik. Ich unterscheide des näheren zwischen einer Mathematisierung des physikalischen Unterrichts in einem engeren und in einem weiteren Sinne des Wortes.

Ich beginne mit der Mathematisierung des physikalischen Unterrichts im engeren Sinne des Wortes:

Ich verstehe unter Mathematisierung des physikalischen Unterrichts im engeren Sinne eine Behandlung des physikalischen Unterrichts, bei der die Physik selbst eine nur ganz äußerliche Rolle spielt, ein ganz äußerliches Gewand bildet, ihr tatsächlicher Inhalt jedenfalls erheblich zu kurz kommt — eine Behandlung, welche der Auffassung Vorschub leisten möchte, daß es sich in der Physik eigentlich nur um Anwendungen der Mathematik handelt, daß die Physik vielleicht nur selbst eine Form der Mathematik ist – eine Behandlung, welche Aufgaben für den Unterricht schafft und zurechtlegt, ohne daß diesen Aufgaben die Beziehungen zur Wirklichkeit und Erfahrung innewohnen, welche gerade die Eigenart und den Hauptreiz der physikalischen Wissenschaft bilden und ausmachen.

Ich rechne hierher Aufgaben aus der mathematischen Geographie, in denen es sich in der Regel um Kenntnis und Anwendung der Formeln der sphärischen Trigonometrie handelt. Solche Aufgaben aus der mathematischen Geographie würde ich als mathematische Aufgaben gelten lassen, dagegen würde wohl auch mathematischerseits nichts einzuwenden sein. Als Prüfung für die Aneignung physikalischer Kenntnisse und Anschauungen gewähren sie nicht den geringsten Anhalt, sie stellen tatsächlich eine zweite Prüfung für die Mathematik dar.

Ich rechne hierher Aufgaben aus der geometrischen Optik, in denen die Überwindung mathematischer Komplikationen das eigentliche Ziel darstellt. Ich befinde mich hier in vollständiger Übereinstimmung mit dem Gutachten meines Kollegen Kaufmann, der in diese Kategorie z. B. eine in dem Ostertermine 1910 gestellte und bearbeitete Aufgabe rechnet, in der es sich um eine gewisse Kombination eines Hohlspiegels mit einer Linse handelte. „Diese Kombination – führt Professor Kaufmann aus – dürfte in der physikalischen Praxis sicher niemals vorkommen. Es müßte mindestens verlangt werden, daß derartige Aufgaben sich an Probleme der Wirklichkeit, wie sie für die Optik das Fernrohr und das Mikroskop darbieten, anschließen“.

Bei allen diesen Aufgaben kann von einem physikalischen Gehalt kaum gesprochen werden und die Physik kann nur als ein Appendix an den mathematischen Unterricht erscheinen.

Ich komme zu der Mathematisierung des physikalischen Unterrichts im weiteren Sinne des Wortes:

Ich verstehe unter Mathematisierung des physikalischen Unterrichts im weiteren Sinne eine Behandlung, welche für die Schule Abschnitte und Teile der Physik auswählt und sichtlich bevorzugt, in denen der physikalische Gehalt des Gegenstandes auf einen mathematischen Ausdruck beschränkt bleibt, im weiteren aber alles auf rechnerische Verfolgung hinausläuft.

Als Beispiel möchte ich hier zum zweiten Male auf Aufgaben der geometrischen Optik zurückgreifen. Es kann sich natürlich hier nur um solche Aufgaben handeln, welche der vorhin erwähnte Vorwurf einer Mathematisierung im engeren Sinne des Wortes nicht trifft. Ich gehe selbstverständlich auch nicht so weit, daß ich jede Abiturientenaufgabe aus der geometrischen Optik ablehne.

Es würde an sich nichts einzuwenden sein, wenn für das Abiturientenexamen auch einmal eine Aufgabe aus der geometrischen Optik vorgeschlagen würde. Wenn aber von zwölf Anstalten sieben Anstalten Ostern 1910 Aufgaben aus der geometrischen Optik in Vorschlag brachten — es wurden richtigerweise nur zwei davon für die tatsächliche Bearbeitung gewählt, die eine wurde bereits bei Besprechung der Mathematisierung im engeren Sinne des Wortes erwähnt — so ist das für mich ein ganz sicheres Anzeichen dafür, daß der physikalische Unterricht auf der Mehrzahl der in Frage stehenden Anstalten eine mathematisierende Richtung eingeschlagen hat, welcher ich in dem Umfange die Billigung versagen muß.

Man darf meiner Mitteilung gegenüber nicht den Einwand erheben, daß es sich um einen bedeutungslosen Zufall handelt, weil Optik Pensum der Oberprima ist. Meine Einwendungen richten sich nicht gegen Aufgaben aus der Optik überhaupt — im Gegenteil, es ließen sich gerade aus dem auf Prima zu behandelnden optischen Pensum sehr schöne Aufgaben und Arbeiten für Abiturienten gestalten — die vorgelegten Arbeiten lieferten selbst ein Beispiel dafür. Meine Einwendungen richten sich gegen die Gefahr, welche für die Schule in der Stellung von Aufgaben gerade aus der geometrischen Optik (Katoptrik, Dioptrik) liegt.

Auch in diesem Punkte berührt sich mein Gutachten vollständig mit dem Gutachten meines Kollegen Kaufmann, wenn er dem schon

vorhin zitierten Satze: „Es müßte mindestens verlangt werden, daß derartige (katoptrische und dioptrische) Aufgaben sich an Probleme der Wirklichkeit, wie sie für die Optik das Fernrohr und das Mikroskop darbieten, anschließen", hinzufügt: „aber selbst dann scheinen sie dem Referenten für die Schule mehr als mathematische, denn als physikalische Aufgaben geeignet".

Die Sache ist eben die, daß die Optik des Fernrohrs und des Mikroskops durch eine Fülle von Umständen bedingt wird, deren Reichtum eine schulmäßige Behandlung unter Zugrundelegung einfacher dioptrischer Linsenformeln keineswegs zu erschließen geeignet ist. Die Kenntnis der Existenz dieser Umstände muß vom physikalischen Standpunkte wichtiger erscheinen als die rechnerische Anwendung elementarer dioptrischer Linsenformeln.[1])

Die intellektualistische Gefahr liegt hier darin, daß der Schüler durch die elementare dioptrische Behandlung einen tieferen Einblick in die einschlägigen Verhältnisse erhalten zu haben glaubt, als es in Wirklichkeit der Fall ist.

Der physikalische Unterricht kann und wird gelegentlich und beispielsweise die Vorteile zur Anschauung bringen, die in der Anwendung der Mathematik auf die Physik liegen — ich will auch nichts dagegen einwenden, daß eine mathematische Behandlung physikalischer Aufgaben bis zu einem gewissen Grade Gegenstand schriftlicher Arbeiten wird. Aber das ist meine Meinung, daß schon äußerlich formell die mathematische Behandlung des physikalischen Unterrichts für die Schule in den Hintergrund zu treten hat. Im Gegensatz zu dieser Auffassung ist mir bei der Durchsicht der physikalischen Prüfungsaufgaben und Prüfungsarbeiten des Ostertermines 1910 eine verhältnismäßig starke Verwertung mathematischer Behandlungen entgegengetreten.

Berücksichtigt man, daß das Universitätsstudium, soweit Physik in Betracht kommt, die beiden ersten Semester hindurch lediglich durch experimentelle Vorlesungen ausgefüllt ist, in denen das mathe-

---

1) Dieser Satz fand während des Ferienkursus in sehr wirksamer Weise seine Erläuterung durch einen wohlgelungenen Experimentalvortrag meines Neffen Dr. Wilhelm Volkmann-Berlin, der im Anschluß an seine „Praxis der Linsenoptik, in einfachen Versuchen zur Erläuterung und Prüfung optischer Instrumente. Berlin 1910" die Haupteigenschaften der Linsen in ihren Abbildungsfehlern in großem Maßstabe objektiv demonstrierte.

matische Element stark zurücktritt, — daß das physikalische Universitätsstudium erst im dritten Semester das Verständnis für Vorlesungen der theoretischen (mathematischen) Physik ermöglicht und erschließt, — daß wissenschaftliche Studien, wie Medizin, Chemie, Pharmazie, Landwirtschaft, soweit Physik in Betracht kommt, auf experimentelle Vorlesungen beschränkt bleiben – so dürfte sich auch innerlich materiell ein allzu starkes Hervortreten des mathematischen Elements für den physikalischen Schulunterricht als über die Zwecke der Schule hinausgehend nicht rechtfertigen lassen und keineswegs als ein erstrebenswertes Ziel eben dieses Unterrichts angesehen und aufgestellt werden.

Das Zurücktreten des mathematischen Elementes für den physikalischen Schulunterricht möchte sich auch noch aus einem anderen Grunde empfehlen: Die Anlagen und Fähigkeiten der Schüler sind nun einmal verschieden, und es ist bekannt, daß gerade die Mathematik Anlagen und Fähigkeiten voraussetzt, die durchaus nicht als ein Allgemeingut hingestellt werden können. Wird nun für den physikalischen Unterricht das mathematische Element zu stark in den Vordergrund gerückt, so kann das zur Folge haben, daß für diese Form des physikalischen Unterrichts auch nur der für Mathematik beanlagte Teil der Klasse empfänglich sein wird, der andere Teil der Klasse leer ausgeht, während es doch aus der Geschichte der Physik bekannt ist, daß es allezeit hervorragende Physiker gegeben hat, die sich keiner mathematischen Sprache bedient haben — ich brauche nur an Faraday, den größten Physiker des 19. Jahrhunderts, zu erinnern.

Könnte bei der von mir vertretenen Auffassung des physikalischen Schulunterrichts Physik in vielen Fällen Mängel in den Leistungen für Mathematik kompensieren, so erscheint die Möglichkeit einer solchen Kompensation bei einem physikalischen Schulunterricht mit mathematisierender Tendenz ausgeschlossen. Der Betrieb des physikalischen Schulunterrichts, wie ich ihn beanstande, wird die Chancen der für Mathematik weniger beanlagten Schüler stets nur verschlechtern, niemals verbessern können.

Meine Auffassung des physikalischen Schulunterrichts steht keineswegs im Widerspruch mit der natürlich auch von mir vertretenen Forderung an die wissenschaftliche Durchbildung der Lehrer: Kenntnis der mathematischen Theorien der Physik, sowie der mannigfachen Be-

ziehungen zwischen Mathematik und Physik. Ich habe natürlich als Professor der theoretischen Physik allen Anlaß, auf die mathematische Ausbildung meiner Zuhörer auch für die Zwecke der Physik bedacht zu sein, und ich bin von der Bedeutung theoretisch physikalischer Studien für den künftigen Beruf, gerade der Lehramtskandidaten, durchdrungen.

Die Kenntnis und das Studium der mathematischen Theorien in der Physik, sowie der theoretischen Physik überhaupt, stattet den Lehrer mit der Fähigkeit aus, den physikalischen Unterricht zu vertiefen, übersichtlicher zu gestalten und auf das wesentliche zu konzentrieren, ohne daß es dabei nötig wäre, sich der mathematischen Sprache für eben diesen Unterricht zu bedienen. So ist denn die Verbindung und Erteilung des Schulunterrichts in der Mathematik und Physik durch einen und denselben Lehrer innerlich ebenso durch die Natur der Sache bedingt, wie sie äußerlich in der Mehrzahl der Fälle durchaus praktisch und zweckmäßig sein wird. Diese Verbindung in einer Hand soll aber nicht dazu führen, die in der Natur der Sache gleichfalls begründeten Unterschiede der beiden Disziplinen zu verwischen: aus einer naturwissenschaftlichen Disziplin eine mathematische Disziplin zu machen, im vorliegenden Falle die Physik vielleicht gar als einen *Appendix* der Mathematik zur Darstellung zu bringen, oder auch, wie man sagen könnte: physikalische Mathematik zu betreiben. Der physikalische Unterricht entfernt sich dadurch von der ihm zugrunde liegenden Mutterwissenschaft, der Physik, und es empfängt nicht bloß der angehende Physiker und Mathematiker, sondern was vielleicht im Interesse allgemeiner Bildung noch bedauernswerter ist, der angehende Theologe, Jurist, Philologe ein falsches Bild der physikalischen Wissenschaft.

Die Verwertung der Kenntnis und des Studiums der mathematischen Theorien in der Physik sowie der theoretischen Physik überhaupt, die Entwicklung der damit verbundenen Fähigkeit, von der ich vorhin gesprochen, mag für den Unterricht nicht immer leicht erscheinen. In dieser Richtung verdanke ich dem Studium populärer Vorträge unserer hervorragendsten Physiker besonders ergiebige Anregung, in dieser Richtung möchte ich auch Ihnen, da Sie die theoretische Physik kennen, das Studium von Vorträgen und Reden eines Bessel, Helmholtz, Thomson, Planck besonders ans Herz legen. Ihr Unterricht wird bleibenden Gewinn daraus ziehen.

Solche Vorträge sind in der Regel Gelegenheitsvorträge, und es handelt sich darin um die Aufgabe: Schwierige Gegenstände der theoretischen Physik in einem anschaulichen Gewande allgemeinverständlich ohne Mathematik weiteren Kreisen mitzuteilen. Unsere ganze moderne naturwissenschaftliche Erkenntnistheorie ist auf diesem Boden entstanden.

Gerade wo der Unterrichtsbetrieb der Schule leicht zu einer Überschätzung der deduktiven Erkenntniswege führt und die Stärke der Mathematik in der Deduktion liegt, möchte der physikalische Schulunterricht ein willkommenes Mittel bieten: als heilsames Gegengewicht auf die induktiven Wege der Erkenntnis hinzuweisen, welche in den Naturwissenschaften eine so große Rolle spielen.

In völliger Übereinstimmung führt Herr Kollege Kaufmann in seinem Gutachten aus: „Es ist in der letzten Zeit so oft ausgesprochen worden, daß der Physikunterricht in erster Linie physikalisches Tatsachenmaterial in systematischem Zusammenhange darbieten und als Beispiel für die Methodik induktiver Forschung dienen soll, — daß es merkwürdig erscheint, wenn immer wieder der Schwerpunkt auf mathematische Entwicklungen und Berechnungen gelegt wird.“

So will es mir denn weder im Interesse der Schule noch der Physik wünschenswert erscheinen, daß die der Physik eigentümlichen Betrachtungen, welche geeignet sind, besondere Fähigkeiten der Schüler anzuregen, für den Schulunterricht allzu stark an ein mathematisches Gewand gebunden erscheinen. Ich möchte dem Wunsche Ausdruck geben, daß ein guter physikalischer Schulunterricht auch für das spätere Leben wenigstens den Eindruck hinterläßt, daß die Physik eine Wissenschaft besonderer Art ist, die sich nicht lediglich vom Standpunkt mathematischer Anwendungen betreiben läßt und für den Schulunterricht betrieben werden darf.

Dieser Gesichtspunkt will mir um so bedeutsamer erscheinen, als gerade die Physik mehr wie irgendeine andere naturwissenschaftliche Disziplin auch für die Schule berufen erscheint, die grundlegenden Anschauungen zu vermitteln, deren Kenntnis und Verbreitung schon im Interesse der allgemeinen Bildung über Wesen und Bedeutung der Naturwissenschaften und der naturwissenschaftlichen Erkenntnis wünschenswert wäre.

Ich erinnere an das Wort von Helmholtz[1]) aus einem 1877 vor Medizinern gehaltenen Vortrage, Das Denken in der Medizin: „Die Physik macht unter den Naturwissenschaften die weitesten Verallgemeinerungen, erörtert den Sinn der Grundbegriffe und enthält die Prinzipien wissenschaftlicher Methodik für alle Erfahrungswissenschaften."

1) H. Helmholtz. Das Denken in der Medizin. Rede, gehalten zur Feier des Stiftungstages der militärärztlichen Bildungsanstalten in Berlin am 2. August 1877. Vorträge und Reden 1884. Bd. 2. S. 168.

DRITTER VORTRAG.

NUMERISCHES ZAHLENRECHNEN. LOGARITHMENTAFELN. ABGEKÜRZTE DEZIMALBRÜCHE.

Der Gegenstand des heutigen Vortrages sei einer Form des Intellektualismus des Elementar-Unterrichts zugewandt, welche ihre Schatten weit in das physikalische Universitäts-Studium hinein wirft. Wir akademischen Physiker leiden unter den Folgen dieser Form des Schul-Intellektualismus; für uns akademische Physiker stellt die hier von der Schule geleistete Vorarbeit in vielen Fällen geradezu eine Kalamität dar, die unseren praktischen Unterricht erschwert und aufhält. Es handelt sich hier wohlgemerkt nicht um Resultate, welche die Schule an weniger Befähigten zeitigt — mein Beruf bringt mich gerade mit Studierenden in Berührung, von denen man annehmen kann, daß sie sich auf Grund ihrer Erfolge im mathematischen und physikalischen Schulunterricht dem Studium der Mathematik und Physik zugewandt haben. Die hier in Frage stehende und zu besprechende Vorbildung ist zu einem großen Teil überhaupt gar keine Vorbildung.

Es handelt sich um das Zahlenrechnen und seine kunstgemäße Behandlung.

Indem ich für meinen heutigen Vortrag die meines Erachtens für die Schule außerordentlich wichtige Frage des Zahlenrechnens vom Standpunkt des Physikunterrichts in den Vordergrund rücke, darf ich mich naturgemäß der Erwägung nicht verschließen, daß es sich bei dem Zahlenrechnen um die Ausbildung einer Fertigkeit handelt, welche allen späteren Berufsklassen zukommen soll, und daß sich aus diesem Grunde die schulmäßige Ausbildung gerade dieser Fertigkeit nicht ausschließlich nach den Ansprüchen einer einzelnen Wissenschaft wird richten können.

Vergegenwärtigen wir uns die Situation, wie sie an unseren Schulen für das Zahlenrechnen vorliegt. Die Unterweisung erfolgt im Verlaufe der Schulzeit nach sehr verschiedenen Grundsätzen.

Auf den unteren Klassen der Gymnasien und Realschulen wird der Rechenunterricht im wesentlichen vom Standpunkte der Volksschule betrieben, ja er liegt in der Mehrzahl der Fälle in der Hand der Volksschullehrer. Eine Reihe von Begleiterscheinungen ist die für die Gymnasien und Realschulen unerfreuliche und unerwünschte Folge dieser Maßnahmen. Ich hebe hervor: Übertriebene Pflege des Rechenunterrichts mit praktischen Zielen — Übertriebenes Kopfrechnen mit großen Zahlen, womöglich noch unter Verwertung des großen Einmaleins.

Wenn ein Schulunterricht die Ziele der einzelnen Anstalt von Anbeginn an niemals aus den Augen verlieren darf, so wird dies auch für den Rechenunterricht zutreffen. Die Ziele der Volksschule sind andere als die Ziele der drei Typen der oberen Lehranstalten, welche ich für meine Besprechung im Auge habe.

So muß ich in Zweifel ziehen, ob es in allen Fällen zweckmäßig ist, den Rechenunterricht auf den unteren Klassen der Gymnasien und Realschulen lediglich vom Standpunkte der Volksschule zu betreiben und in die Hand von Volksschullehrern zu legen; die gerügten Übelstände: übertriebene Pflege des Rechenunterrichts mit praktischen Zielen, übertriebenes Kopfrechnen mit großen Zahlen haben keine Beziehung zu den Zielen und Zwecken der hier in Betracht kommenden Anstalten und machen mit ihrer geistlosen Routine das Gehirn zur Aufnahme wichtigerer Unterrichtsgegenstände unfähig. Ich betrachte es als einen Irrtum, daß übertriebenes Kopfrechnen geeignet sei, die Verstandesfähigkeit auch für andere Dinge zu schärfen – die Gefahr einer Abstumpfung liegt viel näher. Ich weise auch auf die Tatsache hin, daß auf den unteren Klassen erworbene Routine im Kopfrechnen keine Spuren für die oberen Klassen hinterläßt. Seinerzeit mögen Drill und Routine sichtbare, nachweisbare Fertigkeiten gezeitigt haben – die dafür aufgewandte Zeit und Kraft kann für die oberen Klassen als völlig wertlos und verloren angesehen werden.

Auf den oberen Klassen der Gymnasien und Realschulen handelt es sich streng genommen überhaupt um keinen Rechenunterricht, es handelt sich im wesentlichen nur um Übungen im numerischen Zahlenrechnen, die im Anschluß an den mathematischen Unterricht zu erfolgen und von hier aus auf den physikalischen Unterricht übertragen

zu werden pflegen. So muß der Rechenunterricht hier, wenn man will, in der Ausdrucksweise meines zweiten Vortrages als ein mathematisierender[1]) bezeichnet werden.

Die reine Mathematik hat als solche bekanntlich überhaupt nichts oder doch nur ganz ausnahmsweise mit dem Zahlenrechnen etwas zu tun; so ist denn die reine Mathematik als solche gar nicht in der Lage eine eigentliche Rechenkunst zu entwickeln. Versucht die Schule im Gegensatz dazu eine Rechenkunst im Anschluß an den mathematischen Unterricht zu entwickeln, so liegt Gefahr vor, daß sie ihr Ziel verfehlt, daß die hier ihr vorschwebenden Ziele vom Standpunkt der Wissenschaft als irrtümliche, in sich unbegründete bezeichnet werden müssen.

Die angewandte Mathematik, in erster Linie Astronomie und Physik, ist berufen, die eigentliche Rechenkunst zu entwickeln. In beiden Wissenschaften liegen nun die rechnerischen Anforderungen und Bedürfnisse recht verschieden, und so ist die Frage aufzuwerfen, ob für das Schulrechnen mehr astronomische oder mehr physikalische Gesichtspunkte in den Vordergrund zu treten haben.

Als die Schule die hier maßgebenden Entscheidungen traf, gab es noch kein oder doch kaum ein physikalisches Rechnen, so ist es

---

1) Gerade bei Unterhaltungen über numerisches Zahlenrechnen ist mir besonders häufig die Erscheinung entgegengetreten, der ich in meinem zweiten Vortrage S. 22 einen charakteristischen Ausdruck zu geben versucht habe: Der Standpunkt, von dem das Zahlenrechnen auf der Schule zu betreiben sei, wurde einfach als ein mathematischer gekennzeichnet und darin eine allen Einwendungen und Angriffen entrückte Position erblickt. Es wurde gar kein Bedürfnis dafür empfunden, daß das Zahlenrechnen und seine Zwecke für die einzelnen Klassen, besonders für Sekunda und Prima einer gesonderten Definition bedürfen. — Das Zahlenrechnen muß im Verlauf der Schule zu einem organischen Werkzeug ausgebildet werden und darf nicht dauernd auf den Stand einer mechanischen Fertigkeit herabgedrückt erscheinen.

In der an meine Vorträge anschließenden Diskussionsstunde konnte ich ausführen: Die Vorbereitung der Schule zum Studium der Physik ist, soweit bisher meine Erfahrungen reichen, materiell mehr als ausreichend. Was mir zu Ausstellungen Anlaß gibt, sind lediglich formelle Erwägungen; hier steht die Unbekanntschaft des Rechnens mit abgekürzten Dezimalbrüchen obenan.

Die materiell in größerem Umfange erfolgende Vorbildung der Realanstalten hat auf meine akademische Tätigkeit in der theoretischen und praktischen Physik in keiner Weise eingewirkt; dagegen sind die Vorlesungen über Experimentalphysik in empfindlicher Weise davon getroffen worden. Siehe W. Voigt. Festrede 1912. S. 13.

gekommen, daß die Schule die Übung im numerischen Zahlenrechnen auf den oberen Klassen mehr im Anschluß an astronomische Gesichtspunkte entwickelt hat. Heute haben wir dank der seit F. Kohlrausch[1]) in den Hochschulunterricht eingeführten physikalischen Praktika ein physikalisches Rechnen, und so kann es wohl nur noch eine Frage der Zeit sein, daß die Schule auf den oberen Klassen die Übung im numerischen Zahlenrechnen mehr im Anschluß an physikalische Gesichtspunkte entwickeln wird. Ich sage immer im Anschluß — denn daß die Schule die Aufgabe hat im numerischen Zahlenrechnen spezifisch eigene Methoden zu entwickeln, scheint mir ebenso klar wie die Forderung, daß die Schule ihre besonderen eigenen Logarithmen-Tafeln hat.

Gerade im Anschluß an die Physik läßt sich dem Zahlenrechnen eine Fülle höchst wertvoller pädagogischer Gesichtspunkte abgewinnen. Schon aus diesem Grunde ist dem Zahlenrechnen im Unterricht eine erhöhte Aufmerksamkeit zuzuwenden.

Für die Wissenschaft bedeutet das Rechnen mit Zahlen eine Kunst, und es läßt sich nicht einsehen, weshalb die Schule, welche in so vielen Dingen Elemente der wissenschaftlichen Sphäre entnimmt, auf einem so elementaren Gebiete, wie es das Rechnen ist, sich die Anregungen entgehen läßt, welche hier die Wissenschaft der Schule gewähren kann. Auch für die Schule ließe sich das Rechnen als die Ausübung einer Kunst lehren; eine kunstmäßige Unterweisung im Rechnen bedeutet aber für die Schule, abgesehen von dem inneren pädagogischen Wert, wie ich im folgenden auszuführen gedenke, auch Ersparnis an Zeit und Kraft.

Der Begriff, um dessen Auseinandersetzung es sich hier handelt, und an den meine weiteren Ausführungen anzuknüpfen haben, ist der Begriff der Genauigkeit. Dieser Begriff der Genauigkeit darf nicht als ein beziehungsloser hingestellt werden; er darf nicht von Beziehungen zur Wirklichkeit losgelöst und daher mit Rechnungen verbunden werden, in denen es lediglich nur darauf anzukommen scheint, Zahlen mit hoher Ziffernzahl eine fingierte Rolle spielen zu lassen.

1) F. Kohlrausch. Leitfaden der praktischen Physik. 1. Auflage 1870; von der 9. Auflage 1901 an: Lehrbuch der praktischen Physik, 11. Auflage 1910. Daneben seit 1900 Kleiner Leitfaden der praktischen Physik, 2. Auflage 1907.

Der Begriff der Genauigkeit ist vielmehr in Beziehung zu setzen zu den besonderen Fällen der einzelnen, sehr wechselnden Aufgaben der Wirklichkeit, welche in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle ergeben wird, daß die Rechnung mit einer verhältnismäßig kleinen Ziffernzahl ausreicht, um allen Anforderungen zu entsprechen.

Die Promotionsthese von H. Hertz aus dem Jahre 1880 scheint noch immer nicht genügend bekannt, geschweige denn in ihren Konsequenzen gewürdigt zu sein. Mir scheint die in ihr enthaltene Begriffsbestimmung eine sehr glückliche zu sein. Hertz sagt: Ein Fehler von $^1/_{100}$ des wahren Wertes bildet die Grenze für die wünschenswerte Genauigkeit, ein Fehler von $^1/_{1000}$ des wahren Wertes die Grenze für die mögliche Genauigkeit in der Bestimmung einer physikalischen Konstanten; genauer als bis auf $^1/_{10000}$ ihres Wertes läßt sich kaum eine physikalische Konstante auch nur definieren".

Im pädagogischen Interesse ließen sich diesen von Hertz eingeführten Begriffen der wünschenswerten und möglichen Genauigkeit die Begriffe einer unerwünschten und einer unmöglichen Genauigkeit zur Seite stellen. Der Begriff der wünschenswerten Genauigkeit würde nach Hertz in der Physik ein Rechnen mit zwei- bis dreiziffrigen Zahlen, der Begriff der möglichen Genauigkeit ein Rechnen mit drei- bis vierziffrigen Zahlen bedingen. Das Rechnen mit fünfziffrigen und höheren Zahlen wird in der Physik nur eine Ausnahme bilden – für den elementaren Unterricht würde es einer unerwünschten, ja unmöglichen Genauigkeit entsprechen.

Im Gegensatz dazu beliebt es die Technik des Schulbetriebes den Begriff der Genauigkeit als einen absoluten, pseudo-mathematischen zu gestalten. Sie belastet damit in nicht zu rechtfertigender Weise Zeit und Kraft des Unterrichts. Sie trägt vor allem zu vollständig falschen Anschauungen und Vorstellungen bei, ja sie unterstützt geradezu die Bildung falscher Anschauungen und Vorstellungen.

Aus meiner akademischen Erfahrung nur ein Beispiel: In der Schule wird viel mit Bogenminuten und Bogensekunden gerechnet. Mir ist aber noch kein Abiturient vorgekommen – und es kann sich hier wieder nur um die mathematisch und physikalisch besonders geschulten Abiturienten handeln – der über die Kleinheit einer Bogenminute und Bogensekunde eine angemessene räumliche Anschauung

und Vorstellung hatte. Der Wert dieser Winkelgrößen wird von jüngeren Studierenden stets überschätzt. Eine Bogenminute und noch mehr eine Bogensekunde stellt tatsächlich einen sehr viel kleineren Wert dar, als es sich jeder Abiturient vorstellt.

Zur Ausbildung der hier schon für die Schule durchaus notwendigen Anschauung könnte jedes physikalische Instrument mit Kreisteilung herangezogen werden, wie es sicher wenigstens in einem Exemplar in der Schulsammlung anzutreffen sein wird. Auch die Demonstration der von Poggendorff[1]) und Gauss herrührenden Ablesung mit Spiegel, Fernrohr und Skala wäre für die Schule in mehr als einer Hinsicht lehrreich; sie verdient schon ihrer Einfachheit und Anspruchslosigkeit wegen Aufnahme in den Unterrichtsplan – nicht in dem Sinne, daß mit ihr experimentiert wird, obwohl auch dagegen nichts einzuwenden wäre, aber vor allem in dem Sinne, daß mit ihr die Kleinheit von Bogenminuten und Bogensekunden zur Anschauung gebracht wird.

Meine weiteren Ausführungen über das Zahlenrechnen auf der Schule sollen nun speziell behandeln: die Technik im Gebrauch von Logarithmentafeln und die Technik des Rechnens, welche der Begriff des abgekürzten Dezimalbruchs vorschreibt:

Die Technik im Gebrauch der Logarithmentafeln auf der Schule hat bereits eine Geschichte, und so darf ich vielleicht hoffen, in meinen Auseinandersetzungen um so besser verstanden zu werden, wenn ich an diese Geschichte knüpfe.

In der Wissenschaft hat sich die Technik in der Anlage von Logarithmentafeln und die Technik des Rechnens mit ihnen zuerst auf dem Gebiete der Astronomie und der höheren Geodäsie vollzogen, also auf Gebieten, auf denen es der Wissenschaft möglich war, einen verhältnismäßig hohen Genauigkeitsgrad zu erzielen. Entsprechend war hier das Bedürfnis nach Logarithmentafeln besonders groß, und so wurden die ersten Logarithmentafeln für den wissenschaftlichen Gebrauch auf eine verhältnismäßig hohe Stellenzahl angelegt – z. B. 7. Dem Umfang siebenstelliger Logarithmentafeln entsprach naturgemäß eine gewisse Armut des materiellen Inhalts; der Inhalt konzentrierte

---

1) Die Ablesungsmethode von Poggendorff datiert vom Jahre 1827.

sich wesentlich auf die Briggischen Logarithmen der natürlichen Zahlen und der trigonometrischen Funktionen. Für die trigonometrischen Zahlen selbst, die mir für physikalische Rechnungen besonders wichtig erscheinen, blieb kein Raum.

Die Schule glaubte in dem Bestreben der Wissenschaft zu folgen dieses zunächst doch nur für sehr spezielle wissenschaftliche Zwecke geschaffene technische Rechenmittel der Logarithmentafeln verhältnismäßig früh in ihr Programm aufnehmen zu müssen. Ich habe selbst noch vor vierzig Jahren auf der Schule mit siebenstelligen Logarithmentafeln rechnen müssen; schon das Tragen des dicken Buches nach und von der Schule war eine schwere Last. Auf siebenstellige Tafeln bezieht sich wohl auch die Äußerung des Fürsten von Bülow[1]): „Ein schöner Augenblick meines Lebens war es, als ich nach abgelegtem Abiturientenexamen die Logarithmentafel mit dem Bewußtsein in den Ofen schob, daß ich sie nie wieder erblicken würde". Auf jene Zeit spielt wohl auch F. Lindemann in seiner Münchener Rektoratsrede vom Jahre 1905 „Lehren und Lernen in der Mathematik" an, wenn er sagt: „Das Wesen der Mathematik besteht nicht im Konstruieren von Dreiecken aus möglichst unpassend gewählten Stücken, nicht im Wälzen von Logarithmentafeln oder im Hersagen von trigonometrischen Formeln."

Ich habe auch noch eine deutliche Erinnerung, unter welchen Schwierigkeiten sich vor dreißig Jahren für die Schule der Übergang zu fünfstelligen, und vor zehn Jahren zu vierstelligen Tafeln vollzogen — oder noch nicht vollzogen hat. Ein unrichtiger Genauigkeitsbegriff ist diesen Übergängen stets hinderlich gewesen. Die Begriffe wünschenswerte und mögliche Genauigkeit blieben allen diesen Bewegungen fremd. Unerwünschten und unmöglichen Genauigkeitswerten sollte weiter Tor und Tür offen stehen.

Es liegt auf der Hand, daß bei den sehr verschiedenen Zwecken, von denen sich Wissenschaft und Schule naturgemäß leiten zu lassen haben, die unmittelbare Übernahme von Logarithmentafeln, die für wissenschaftliche Zwecke angelegt waren, für Schulzwecke verfehlt war — daß für die Zwecke der Schule erst Logarithmentafeln beson-

---

1) Alfred Graf. Schülerjahre. Erlebnisse und Urteile namhafter Zeitgenossen. Lpz. 1912. S. 18.

derer Art angelegt und geschaffen werden mußten — und daß vor Existenz solcher die Aufnahme des technischen Rechenmittels der Logarithmentafeln in das Programm der Schule sich kaum rechtfertigen ließ. Nach meinen Wahrnehmungen hat sich in der Richtung: für die Schule brauchbare Tafeln geschaffen zu haben, der Direktor des Realgymnasiums zu Tilsit Professor Dr. A. Schülke[1]) besondere Verdienste erworben.

Die sich innerhalb der Geschichte der Logarithmentafeln abspielende übertriebene Wertschätzung der Logarithmentafeln für den Rechenunterricht der Schule dürfte ein psychologisch zur Beurteilung des Schulbetriebes überhaupt sehr charakteristisches Beispiel dafür darstellen: wann und wie sich die Schule gewisser wissenschaftlicher Hilfsmittel bemächtigt. Dieses Beispiel spricht für die Auffassung, daß die Schule bei der notwendigen Auswahl des Materials, welches die Wissenschaft darbietet, Dinge bevorzugt, wenn dieselben die leichtere Möglichkeit der Aneignung gewisser äußerer technischer Fertigkeiten gewährleisten, welche sich leicht aufweisen und kontrollieren — eben darum aber auch leicht überschätzen lassen.

Meines Dafürhaltens wird es sich bei der Verwendung zweckmäßiger Logarithmentafeln für die Schule nicht sowohl um die kunstgemäße Aneignung des Rechnens mit Logarithmen, als um die kunstgemäße Aneignung des Rechnens mit Tafeln überhaupt handeln. Auch in dieser Hinsicht dürften vierstellige Tafeln für die Schule besondere Vorzüge beanspruchen, als sie gerade vermöge ihrer geringen Stellenzahl sich ohne erheblichen Umfang viel reichhaltiger gestalten und ausarbeiten lassen. Vor allem sollten Tafeln für die natürlichen trigonometrischen Funktionen darin nicht fehlen; diese erscheinen mir für den Schulgebrauch wichtiger, als Tafeln für die Logarithmen der natürlichen trigonometrischen Funktionen.

Rechentafeln dürfen aber niemals, wie das mit den Logarithmentafeln in der Mehrzahl der Schulen der Fall zu sein scheint, dazu verleiten, das tafellose Rechnen überhaupt auszuschalten. Es wird der besonderen Unterweisung des Lehrers bedürfen, den Schüler vom Stand-

1) A. Schülke. Vierstellige Logarithmentafeln nebst mathematischen, physikalischen und astronomischen Tabellen, für den Schulgebrauch zusammengestellt. Lpz. 1. Auflage 1895. 8. Auflage 1912.

punkt der Rechenkunst anzuleiten, in welchen Fällen das Rechnen mit Tafeln einen Vorteil gewährt, in welchen Fällen ohne Tafeln zu rechnen ist. Aus der Mehrzahl der mir vorgelegten Abiturientenarbeiten des Ostertermines 1910 habe ich entnommen, daß es dem Schüler ohne Anleitung vollkommen überlassen bleibt zu entscheiden, in welchen Fällen er zur Logarithmentafel greift, in welchen Fällen nicht. So kann es kommen, und so kommt es, daß der Schüler auch in den einfachsten Fällen zur Logarithmentafel greift, wo die direkte Zahlenrechnung einfacher und schneller zum Ziele führen würde, daß der Schüler durch übertriebene Verwendung der Logarithmentafeln das einfache Rechnen überhaupt ganz verlernt, welches er sich auf den unteren Klassen angeeignet hatte.

Ich darf auch die Bemerkung nicht unterdrücken, daß, wenn Logarithmentafeln verwandt werden, diese in ihrer Stellenzahl voll auszunutzen sein werden. Bei der Durchsicht der Prüfungsarbeiten konnte ich die charakteristische Bemerkung machen, daß Rechnungen unbeanstandet geblieben waren, die mit fünfstelligen Zahlen ausgeführt waren, um dreistellige Zahlen zu erhalten oder überhaupt zum Schluß planlos einige Stellen abzustreichen. Lehrer, welche das zulassen, sollten für die Einführung vierstelliger Tafeln eintreten und schon der Kraft und Zeitersparnis wegen für ihre Anstalten den Übergang von fünfstelligen zu vierstelligen Tafeln beantragen.

Ich bin ein warmer Freund reichhaltiger vierstelliger Tafeln. Im Interesse der Reichhaltigkeit solcher Tafeln würde ich auch einer Aufnahme dreistelliger Logarithmentafeln darin das Wort reden, zumal diese sehr wenig Raum einnehmen. Die Aufnahme solcher dreistelliger Logarithmentafeln in vierstelligen Tafeln hätte einen doppelten Zweck:

Einmal könnte an solchen Tafeln demonstriert werden, wie die Verwertung des logarithmischen Rechnens bei dreistelligen Tafeln kaum mehr besondere Vorteile vor dem direkten Rechnen mit dreistelligen Ziffern gewährt; die Verwertung von Logarithmentafeln fängt an unzweckmäßig zu werden.

Sodann wäre die Nebeneinanderstellung dreistelliger und vierstelliger Tafeln geeignet auf die Notwendigkeit einer Überlegung hinzuweisen, mit wieviel Stellen überhaupt in jedem Fall die Rechnung durchzuführen ist. Die ausschließliche Benutzung von Tafeln einer be-

stimmten Stellenzahl stellt der Rechenkunst gegenüber ein *Prokrustes-Bett* dar, in dem zum pädagogischen und wissenschaftlichen Schaden, weniger genaue, also kurze Zahlen in ein zu langes Bett gebracht werden, wodurch der Schein einer größeren Genauigkeit vorgetäuscht wird, als solche in der Natur der Verhältnisse liegt — genaue, also lange Zahlen in ein zu kurzes Bett gebracht, also abgehackt werden, wodurch der Schein einer geringeren Genauigkeit erweckt wird, als solche in der Natur der Verhältnisse liegt. Verstöße gegen die Rechenkunst in dieser Hinsicht bilden eine sehr gewöhnliche Erscheinung in den rechnerischen Verarbeitungen physikalischer Laboratoriumsmessungen der Studierenden.

Ich möchte meine Betrachtungen über die Technik im Gebrauche der Logarithmentafeln mit einer Bemerkung schließen:

Der Zweckmäßigkeit der Auswahl passender Tafeln ist in vielen Fällen die Gewohnheit des Lehrers und nicht minder die Gewohnheit des Schülers an die Benutzung bestimmter Logarithmentafeln hinderlich. Es soll nicht geleugnet werden, daß die Gewohnheit an eine bestimmte Tafel naturgemäß eine gewisse Sicherheit in der rechnerischen Ausführung garantiert, und aus diesem Grunde der Bevorzugung einer gewohnheitsmäßig gebrauchten Tafel eine gewisse Berechtigung nicht abgesprochen werden darf. Auf der anderen Seite ist Gewohnheit nicht der oberste pädagogische Grundsatz und darf dazu nicht proklamiert werden. Vergessen wir es nicht: An die Gewohnheit knüpft der größte Feind pädagogischer Kunst: die Pedanterie, die hier noch einen trügerischen Pakt mit angeblicher Genauigkeit und Vollständigkeit eingeht.

Ich wende mich nunmehr der Technik des Rechnens zu, welche der Begriff des abgekürzten Dezimalbruchs vorschreibt.

Es liegt schon in dem Begriff des Dezimalbruchs überhaupt, daß der abgekürzte Dezimalbruch eine größere Rolle spielen muß, als der sogenannte vollständige Dezimalbruch. Diese Auffassung ist durch die Anwendungen bedingt, besonders wieder durch die Physik. Es folgt, daß mit abgekürzten Dezimalbrüchen nicht wie mit vollständigen Dezimalbrüchen gerechnet werden darf.

Die Technik des Rechnens mit abgekürzten Dezimalbrüchen führt zu einer Reihe schon allein pädagogisch wertvoller Überlegungen,

welche in hohem Grade geeignet sind eine Anschauung von der Bedeutung des Rechnens als Kunst zu gewähren. Diese Technik stellt noch dazu eine erhebliche Ersparnis an Zeit und Kraft dar, insofern sie die Zahl der durch Rechnung wirklich zu erhaltenden Ziffern nahezu auf die Hälfte reduziert. Das nicht abgekürzte Rechnen mit abgekürzten Dezimalbrüchen dehnt dagegen Multiplikationen und Divisionen auf Ziffern aus, die gar keinen Einfluß auf das Endresultat haben können, und schafft so zahlenmäßig neue Stellen, die eine Genauigkeit vortäuschen, die gar nicht existiert, auch gar nicht existieren kann.

Die Technik des Rechnens mit abgekürzten Dezimalbrüchen scheint mir auch darum so wichtig, weil sie geeignet ist, in wirksamer und anschaulicher Weise den Begriff der Größenordnung zu erläutern und damit auf die Infinitesimalrechnung vorzubereiten. Ich persönlich habe mich noch mit Dank daran zu erinnern, daß ich vor vierzig Jahren auf einem Gymnasium zum Rechnen mit abgekürzten Dezimalbrüchen angehalten bin. Nicht ohne Schmerz habe ich gehört, daß heute dasselbe Gymnasium auf das Rechnen mit abgekürzten Dezimalbrüchen keinen Wert legt. Vielleicht bildet dieser Fall ein Beispiel dafür, daß die Schule in dem Streben neue Gegenstände aufzunehmen, oft alte Gegenstände von bedeutendem pädagogischen Wert fallen läßt — und das auf einem Gebiet, dem die Schule so viel Zeit und Kraft zuwendet, wie dem Zahlenrechnen.

Gewiß ist es richtig, daß infolge abgekürzten Rechnens die letzte Stelle unsicherer werden kann, als ohne abgekürztes Rechnen. Dann rechne man mit e i n e r Ziffer mehr, die man klein schreibt, um ihre Unsicherheit zu kennzeichnen.

Die Rechnungen in den physikalischen Prüfungsarbeiten des Ostertermines 1910 bestätigen vollkommen meine akademischen Erfahrungen von der Unbekanntschaft des Rechnens mit abgekürzten Dezimalbrüchen auch auf Oberrealschulen und Realgymnasien. In vollkommener Übereinstimmung mit meinen Ausführungen ist auch meinem Kollegen K a u f m a n n nach seinem Gutachten „die Unbeholfenheit in der Ausführung numerischer Rechnungen aufgefallen; abgekürzte Dezimalbrüche und das Rechnen mit ihnen erscheinen ganz unbekannt. Das Resultat wird vielfach unter Anwendung fünfstelliger Logarithmentafeln oder durch direktes Ausrechnen auf fünf bis sechs Stellen angegeben, obgleich die Aufgabe nur auf zwei Stellen abgerundete Zahlen enthält.

In einer Aufgabe wird ausdrücklich eine Rechnung nur auf 1 mm genau verlangt; gleichwohl wird es nicht gerügt, daß die Resultate (in mit „Sehr gut“ zensierten Arbeiten) auf $^1/_{100}$ oder gar $^1/_{1000}$ mm angegeben werden. – Eine Einführung in praktisches Zahlenrechnen mit begrenzter Genauigkeit scheint dem Referenten von größter Wichtigkeit. Eine Folge der jetzigen Vernachlässigung ist u. a., daß im physikalischen Universitätspraktikum stets ein großer Teil der Zeit darauf verwandt werden muß, den Studierenden die nötige Fertigkeit im numerischen Rechnen beizubringen.“

In einer großen Zahl von Fällen gestaltet sich erfahrungsgemäß das Rechnen selbst Studierender in Übereinstimmung mit dem traditionellen Schulbetrieb des Rechnens derartig, daß unter Aufwand erheblicher Hilfsmittel, wie solche Logarithmentafeln gewähren, fünf und noch mehrziffrige Zahlen errechnet werden, in denen nicht allein bereits die erste Ziffer falsch ist, sondern in denen die ganze Größenordnung der errechneten Zahl oft um das Tausendfache, ja das Millionenfache unter- – oder übertroffen wird.

Nach meiner Auffassung würde sich nach diesen Erfahrungen für die Schule die Nötigung ergeben, die Ausführung einer zahlenmäßigen Aufgabe in zwei Teilen zu vollziehen: 1. in der Feststellung der Größenordnung durch sogenannte Überschlagsrechnungen, welche nur mit ein oder zwei Ziffern und Potenzen von zehn vorgenommen werden, und in denen die ganze Aufmerksamkeit der Größenordnung zugewandt wird; 2. nach Feststellung der Größenordnung in der Feststellung und Errechnung der Ziffern, die in jedem Falle der Natur der Aufgabe und dem jedesmal vorliegenden Zweck entsprechen müssen, niemals aber fern von der Wirklichkeit – sozusagen – in den Wolken schweben darf.

In vielen Fällen würde bereits die Beschränkung auf den ersten Teil genügen: Feststellung der Größenordnung durch Überschlagsrechnung. Jedenfalls ließe sich ohne erheblichen Aufwand von Zeit und Kraft die Unterweisung im Rechnen im Anschluß an den physikalischen Unterricht in beiden erwähnten Richtungen in pädagogisch höchst wertvoller Weise ausbilden. Auf diesem Gebiete ließe sich dazu ohne jeden Nachteil der Erfolg des Unterrichts in jedem Augenblick aufweisbar nachprüfen.

Es würde mich freuen, wenn es mir gelungen wäre durch diesen Vortrag, auf den ich ganz besonderes Gewicht legen möchte, Ihnen die Überzeugung beigebracht zu haben, daß, wenn Teile des Unterrichts besondere Aufmerksamkeit und Beachtung verdienen, der Rechenunterricht dabei nicht an letzter Stelle stehen darf.[1])

Bedenken Sie, daß der Unterricht dem Zahlenrechnen während der ganzen Schulzeit erhebliche Zeit und Kraft zuwendet, daß dabei zu einem Teile die vorschwebenden Ziele nicht als angemessen bezeichnet werden können. Nach meiner Auffassung könnte die Schule gerade auf diesem Gebiete unter Aufwand geringerer Zeit und Kraft eine höchst wertvolle, der Allgemeinheit und Bildung zugute kommende intellektuelle Arbeit und Wirksamkeit entfalten.

Die Schule läßt sich mit Recht in vielen Dingen von einheitlichen Gesichtspunkten leiten. Auf dem Gebiet des Zahlenrechnens sind einheitliche Grundsätze vom Übel; wenn ein Unterricht einer liebevollen Differenzierung bedarf, wird es der Rechenunterricht sein müssen. So wird als erste Forderung die Beantwortung der Frage nach der Orientierung des Rechenunterrichts für die einzelnen Klassen angesehen werden müssen.

Auf den unteren Klassen unserer Gymnasien und Realanstalten mögen Anforderungen für das gewöhnliche Leben, praktische Fertig-

---

1) Ich hatte die Freude, daß die an meine Vorträge anschließende Diskussionsstunde ihr Interesse an der Ausbildungsfrage für das numerische Zahlenrechnen betätigte. Schon vor der Diskussionstunde waren mir dankenswerter Weise Andeutungen in dem Sinne zugegangen, daß meinen Ausführungen über das Rechnen mit abgekürzten Dezimalbrüchen ungünstige Erfahrungen schultechnischer Art entgegenstünden. Diese ungünstigen Erfahrungen glaubte ich in der Diskussion darauf zurückführen zu können, daß die Versuche mit abgekürztem Rechnen vielleicht zu früh begonnen hätten. Der Vorsitzende Herr Direktor Wittrien hatte die Güte auf Grund seiner pädagogischen Erfahrungen in dieser Richtung den Vorschlag zu machen: auf der Untersekunda der Gymnasien und auf der Obertertia der Realanstalten mit der Ausbildung in der Technik des abgekürzten Dezimalbruchrechnens zu beginnen. Auf dieser Grundlage erklärte sich die aus etwa vierzig bis fünfzig Theilnehmern bestehende Diskussionsversammlung mit allen gegen eine Stimme dafür: dem Rechnen mit abgekürzten Dezimalbrüchen eine erhöhte Aufmerksamkeit für den Unterricht schenken zu wollen.

Zuvor war eine entsprechende Feststellung in der Frage vier- oder fünfstelliger Logarithmentafeln für den Schulgebrauch erfolgt. Die Versammlung erklärte sich gegen vier oder fünf Stimmen, die für fünfstellige Tafeln eintraten, für vierstellige Tafeln.

keiten für den Kaufmann überwiegen. Auf den oberen Klassen werden diese Fragen zurückzutreten haben, die Forderungen der Wissenschaft finden ihre Vorbereitung, die Orientierung muß bereits von wissenschaftlichem Geiste getragen sein. Eine rein mathematische Orientierung für das numerische Zahlenrechnen gibt es nicht, so dürfte für die oberen Klassen eine im wesentlichen physikalische Orientierung übrig bleiben. Bei dem Übergange von einer niederen zu einer höheren Unterrichtsstufe mag sich allerdings in einzelnen Fällen die psychologisch bemerkenswerte Situation ergeben, daß das auf dem Kapitalismus basierte triviale Leben unter Umständen höhere Genauigkeitsanforderungen erhebt, als die Wissenschaft.

Sagen Sie nicht, die Physik habe bei den angeregten pädagogischen Fragen, da sie schließlich doch nur von wenigen ergriffen werde, in ihren Anforderungen bescheiden zurückzutreten. Wogegen soll denn die Physik hier zurücktreten? Die Physik ist unter allen Wissenschaften gerade die Disziplin, welche besonders befähigt ist, dem Zahlenrechnen in der Schule die pädagogisch höchst wertvolle, hier einzunehmende Stellung anzuweisen. Von diesem Standpunkte aus werden Sie es begreiflich finden, daß ich es für angemessen hielt, dem Zahlenrechnen eine ganze Vorlesung zu widmen.

VIERTER VORTRAG.

DAS ERLEBEN IN BEOBACHTUNG UND EXPERIMENT. METEOROLOGIE. GESCHICHTE. TECHNIK. PHYSIKALISCH-PRAKTISCHE ÜBUNGEN. VERÄUSSERLICHUNG UND VERINNERLICHUNG DES UNTERRICHTS.

In meinen bisherigen Ausführungen, den ersten drei Vorträgen überwog die Behandlung spezieller Formen des physikalischen Unterrichts, denen gegenüber ich mich negativ kritisch zu verhalten hatte. In meinen heutigen Ausführungen, dem Schlußvortrag soll das positive Moment eines Aufbauens überwiegen; von diesem Standpunkt aus möchte ich Ihre Aufmerksamkeit auf allgemeine Ziele des physikalischen Unterrichts hinlenken.

An die Spitze meiner heutigen Betrachtungen stelle ich die These: Der physikalische Schulunterricht muß in ständigem Kontakt mit der ursprünglichen spezifischen Quelle der physikalischen Erkenntnis dauernd erhalten bleiben, der Beobachtung und dem Experiment. Diesen Kontakt mit der Beobachtung und dem Experiment, der experimentellen Erfahrung, dem experimentellen Erlebnis habe ich in der Tat in einer Anzahl der Arbeiten des Prüfungstermines vermißt. Dieser Kontakt erschien an vielen Stellen verdrängt durch schulmäßige Überlieferungen, intellektualistische Auseinandersetzungen und mathematische Fiktionen. Dieser Kontakt ist es aber gerade, der meines Dafürhaltens ein besonders einfacher und bequemer Schutz vor jeder Form eines Schulintellektualismus und einer Schulwissenschaft ist.

So gewiß es richtig ist, daß das akademische Studium Fähigkeiten erschließen soll, physikalische Aufgaben zu lösen, so wenig wird nach meiner Auffassung die Schule in der Richtung eine Nachahmung anzustreben haben, ihrerseits den physikalischen Unterricht auf die Fertig-

keit — um nicht zu sagen Fähigkeit — zuzuspitzen, Aufgaben zu lösen. Tut es die Schule in übertriebener Weise, so werden unwillkürlich gerade diese Aufgaben den Unterricht in eine Richtung drängen, die von seinen naturgemäßen inneren und wahren Zielen abliegen.

Der physikalische Unterricht sollte mehr in der Richtung einer schlichten Darstellung des Tatsächlichen liegen, als in der Lösung von Aufgaben besonderer Art oder in der Auseinandersetzung vermeintlicher Ursachen und Gründe – mehr in der Heranziehung wirklich erlebten Materials und seiner Behandlung, als in dem Zurückgreifen auf mathematische Behandlung — mehr in der Hervorkehrung induktiver Methode und Betrachtungsweise, welche sich innerhalb der Physik geradezu vorbildlich zur Anschauung bringen läßt, als in deduktiver Handhabung. Die induktive Handhabung des physikalischen Unterrichts soll in einem erfreulichen Gegensatz zu dem Druck deduktiver Behandlung stehen, welchen die Schule für die Mehrzahl der anderen Unterrichtsgegenstände fordert.

Diese meine Thesen decken sich vollkommen mit Ausführungen des Gutachtens meines Kollegen Kaufmann, der „eine kurze Darstellung eines bestimmt umrissenen Gebietes, also eine Art von deutschem Aufsatz über ein physikalisches Thema als die geeignetste Form der schulmäßig zu stellenden Aufgaben hält; gegen eine Ergänzung durch ein oder mehrere passend gewählte Zahlenbeispiele ist natürlich nichts einzuwenden. Nur müssen die Beispiele einfach sein, so daß die mathematische Seite nicht überwiegt".

Ich möchte für die Heranziehung erlebungsfähigen Unterrichtsmaterials, welches zugleich geeignet wäre, vor intellektualistischer Behandlung zu schützen, vor allem auf zwei Gebiete besonders hinweisen, die mir gegenwärtig ziemlich leer auszugehen scheinen: Die Meteorologie sowohl im weiteren wie im engeren Sinne des Wortes und die Geschichte der Physik — nicht in dem Sinne, daß diese Gebiete nun geschlossen als solche im Unterricht Platz finden und längere Zeit Gegenstand des Unterrichts bilden sollen — im Gegenteil in dem Sinne: die besonders bei zu starker Systematisierung leicht eintretende ermüdende Monotonie des laufenden Unterrichts von Zeit zu Zeit zu unterbrechen und damit auf den ganzen Unterricht in belebender Weise zurückzuwirken.

Was die Meteorologie betrifft, so mögen bemerkenswerte Witterungslagen und meteorologische Erscheinungen für alle Klassen, in denen Physik getrieben wird, den äußeren Anlaß[1]) geben, die Aufmerksamkeit und den Beobachtungssinn der Schüler anzuregen. Da die Natur sich mit ihren Erscheinungen nicht immer dem Unterricht anbequemen wird, muß sich der Unterricht den gerade auftretenden bemerkenswerten Erscheinungen der Natur anbequemen. Dabei wird ein und dieselbe Erscheinung in allen in Betracht kommenden Klassen in ansteigender Vertiefung zu besprechen sein.

Was die Geschichte der Physik betrifft, so sollte der gesamte Physikunterricht ständig auf geschichtliche Rückblicke hinweisen, unter Umständen könnten Teile der Physik geradezu vom Standpunkt ihrer geschichtlichen Entwicklung vorgetragen werden.

Ich beginne mit der Meteorologie im weitesten Sinne des Wortes und hebe hervor: den Regenbogen, die kleinen und großen Höfe um den Mond, die Erscheinungen der Nebensonnen. Die Behandlung gerade dieser Erscheinungen wäre, weil sie der Optik angehören, geeignet, in wirksamer Weise das Vakuum auszufüllen, welches durch Einschränkung mathematisierender katoptrischer und dioptrischer Liebhabereien entstehen möchte.

Den Regenbogen und die kleinen Höfe um den Mond hat jeder Schüler gesehen. Der Lehrer lenke darum in Zeiten die Aufmerksamkeit der Schüler auf diese schönen Himmelserscheinungen, rege die Schüler an, diese von der Natur unmittelbar dargebotenen Erscheinungen nach eigener Wahrnehmung und Beobachtung zu beschreiben, um in Verbindung damit die Fähigkeit des Sehens und des Sehen-Könnens vor allem auszubilden. Der Unterricht gebe Anregung, bei nächster Gelegenheit auf Erscheinungen zu fahnden, die in vielen Fällen übersehen werden und unbeachtet bleiben: den zweiten Regenbogen, die überzähligen Regenbogen, die mehrfachen kleinen Höfe um den Mond. Der Unterricht gebe Anregung, alle diese

---

1) Ich möchte an dieser Stelle des anregenden Physikunterrichts gedenken, der mir auf Untersekunda durch L. Sohncke, der später an den Hochschulen zu Karlsruhe, Jena, München († 1897) wirkte, zuteil wurde. Ich erinnere mich noch deutlich, wie Sohncke uns Schüler im Winter 1870/71 auf die damals in unseren Breiten häufigen und schönen Nordlicht-Erscheinungen hinwies.

Erscheinungen mit primitiven Mitteln messend zu verfolgen, um auch hier die Frage nach der wünschenswerten und möglichen Genauigkeit im Sinne von Hertz zu beantworten.

Der Schüler stelle sich zu solchen Messungen einen Quadranten, aus Pappe oder Holz, mit aufgeklebter Gradteilung her — Radius etwa 20 cm — und befestige in passender Weise an einem Faden ein Lot daran. Er versuche die gewonnenen Ablesungen bis auf $^1/_{10}$ Grad zu schätzen. Er versuche mit einer solchen Vorrichtung auch den Durchmesser des Mondes zu $^1/_2$ Grad zu bestimmen; mit einer solchen Bestimmung des Monddurchmessers wäre auch der Sonnendurchmesser durch den Hinweis bestimmt, daß bei Sonnenfinsternissen ja eine Deckung der Sonne durch den Mond nahezu (ringförmige Sonnenfinsternis) oder ganz (totale Sonnenfinsternis) eintritt. (Siehe Nachtrag Seite 65).

Die Anregung zu eigenen Beobachtungen wäre zunächst ganz unabhängig von allen theoretischen Erklärungen als pädagogische Aufgabe für sich zu entwickeln. Es wird ja mit Recht darüber als eine Folgeerscheinung des übertriebenen Lernunterrichts geklagt, daß die Fähigkeit des Sehens unausgebildet bleibt — ja, man kann wohl sagen, daß die Fähigkeit des Sehens und Beobachtens in der Schule verloren geht, denn die Natur hat dem Kinde diese Fähigkeit eigentlich von Hause aus mitgegeben.

Im Interesse der Ausbildung dieser Fähigkeit würde ich nichts dagegen einzuwenden haben, wenn etwa die erwähnten Himmelserscheinungen zum Gegenstande wiederholter Aufsätze gemacht werden, denn der Schüler wird voraussichtlich das erste Mal nicht alles sehen, was zu sehen ist; erst eine wiederholte aufmerksame Beobachtung wird ihm alle Feinheiten des Wahrzunehmenden erschließen.

Auf einer höheren Stufe des Unterrichts wäre auf eine theoretische Erörterung der Erscheinung einzugehen. Die oberflächliche Bemerkung, daß der Regenbogen auf Brechung und Dispersion des Lichtes im Regentropfen beruht, darf dann aber nicht als ausreichend erachtet werden. Es ist dieses die übliche schulmäßige Vorstellung, der man noch im Staatsexamen begegnet; mit dieser Vorstellung pflegen sich selbst Kandidaten zu begnügen, denen einige Tage vor der Prüfung gesagt wird, sie würden nach der Erklärung des Regenbogens gefragt werden.

Eine theoretische Erörterung braucht nicht gleich mit einer mathe-

matischen Behandlung identifiziert zu werden, Für den Lehrer hat es einen besonderen pädagogischen Reiz, das Wesen der jedesmaligen mathematischen Behandlung in Wort und Zeichnung umzusetzen. Durch die beim Regenbogen vorkommenden gröberen und feineren Erscheinungen wäre auch Gelegenheit geboten, auf die verschiedenen Formen einer abstufenden Erkenntnis hinzuweisen — zugleich als Symbol für jede Erkenntnis, die mit ihren feinsten Verästelungen und Verzweigungen als unerforschtes, zu erforschendes Gebiet vor uns liegt. Die in dieser Weise durchgeführte Behandlung eines naturwissenschaftlichen Gegenstandes wäre das Gegenteil einer intellektualistischen Behandlung – wohlgeeignet zugleich jeden Intellektualismus zu bekämpfen.

Die Anregung zu eigenen Beobachtungen wäre auch in hohem Grade geeignet, bei den Schülern Liebe zur Natur zu pflegen und zu fördern. Hat man aber erst für einen Unterrichtsgegenstand Liebe erweckt, so hat man damit eigentlich die pädagogische Hauptfrage für das Fach gelöst. Die Liebe zu eigenen Beobachtungen in der Physik, für welche etwa die besprochene Beobachtung an Himmelserscheinungen den Ausgangspunkt bilden möge, fördert die selbsteigene Schulung des Sehens und Wahrnehmens, die gegenüber der durch fremde Hilfe erworbenen ihren besonderen Reiz hat. Der Einblick in die uns umgebende Welt voll Wunder ohne Wunder – in der schönen Ausdrucksweise von W. Voigt[1]) – scheint nunmehr eröffnet und dem Verständnis am leichtesten und mannigfaltigsten erschlossen. Der Schulunterricht hat nicht, wie in so vielen Fällen, Haß und Abneigung, sondern Liebe gezeitigt. Die Physik hat sich als ein Bildungsmittel ersten Ranges erwiesen.

Ein in vielen Beziehungen zur Belebung des physikalischen Unterrichts geeignetes Gebiet ist die Meteorologie im engeren Sinne des Wortes und die damit in Zusammenhang stehende Wetterkunde. Das Interesse daran hat ja durch die schnelle Vermittlung der Wetterkarten und Wettertelegramme sehr zugenommen.

---

1) W. Voigt. Festrede 1912. S. 13. – Ein ähnlicher Ausdruck kommt bei Stevin vor: Die Titelvignette des Werkes von Stevin, *Hypomnemata mathematica;* Leiden 1605, enthält das Bild der geschlossenen Kette auf dem Prisma mit der Umschrift *„Wonder en is gheen wonder"*, siehe E. Mach. Die Mechanik in ihrer Entwicklung. Leipzig 1901. 4. Auflage. S. 34.

Die Meteorologie gibt einmal Anregung, sich mit wichtigen physikalischen Instrumenten: Thermometer, Barometer, Hygrometer – und ihrer Handhabung vertraut zu machen. Solche Instrumente müßten natürlich stets intakt und gebrauchsfähig in jeder physikalischen Schulsammlung vorhanden sein. Daneben würde ich auch der Anschaffung eines Thermographen und vor allem eines Barographen das Wort reden. Der bloße Anblick der Aufzeichnungen dieser Instrumente lehrt, ob wir mit stabilen oder veränderlichen Verhältnissen zu rechnen haben. Es lassen sich auch sonst den Aufzeichnungen, z. B. des Barographen, allerlei interessante Dinge entnehmen. Ich weise auch auf die experimentelle Verwertung dieser Instrumente hin.

Der Beobachtung an diesen Instrumenten parallel gehen könnte die Beobachtung und das Studium der Wolken und ihrer Änderungen. Es wäre auf die Schönheit mancher Wolkenbildungen hinzuweisen, um auch dem ästhetischen Moment, an dem der Unterricht meist so arm ist, seinen Anteil zukommen zu lassen. Es wäre auf den Zusammenhang der Wolkenauflösungen und Wolkenbildungen, sowie der Wolkenformen mit dem zu erwartenden Wetter hinzuweisen. Ein besonderes Interesse beansprucht die Beobachtung der Gewitter; die Messung der Zeit, in der Donner auf Blitz folgt, gibt willkommene Anregung die Entfernung der Gewitter, die Geschwindigkeit des Herannahens und Entfernens zu schätzen.

Auf die Wetterkarten – die Wettertelegramme sind weniger wichtig – sollten Schulen wenigstens zeitweise abonnieren; die Kosten sind ja gering: 50 Pfennige den Monat. Diese Wetterkarten müßten etwa für die drei letzten Tage, wie das auch einige Postämter tun, an hellen, leicht zugänglichen Stellen ausgehängt werden. Diese Wetterkarten würden besonders in kleineren Städten, die einer entsprechenden anderen Gelegenheit dazu entbehren, ein sehr dankbares Interesse nicht bloß bei Schülern, sondern auch bei Lehrern nicht naturwissenschaftlicher Fächer erregen und damit der Stellung des Physiklehrers im Kollegium zugute kommen. In kleinen Städten könnte der Wetterdienst geradezu von Schulen in die Hand genommen werden.[1])

---

1) Es waren während des Vortrags ausgelegt: die von dem Königlich Preußischen Meteorologischen Institut herausgegebene „Anleitung zur Anstellung und Berechnung meteorologischer Beobachtung“, zweite Auflage, Berlin 1904 u. 05. Erster Teil: Beobachtungen der Stationen II. und III. Ord-

Die Wetterkarten wären von Zeit zu Zeit den Schülern zu erläutern. Es wären die Grundlagen, auf denen die Wetterprognose beruht, auseinander zu setzen. Ja, es könnten sich bisweilen die Kräfte der Lehrer wie der Schüler in der Wetterprognose zu betätigen versuchen. Die Wetterkarten der folgenden Tage klären etwaige irrtümliche Prognosen auf. Auch der Vergleich alter und neuer übereinstimmender Wetterkarten mit ihren Folgeerscheinungen wäre von Interesse. Das Verhältnis von Regel zu Ausnahme nimmt hier – anders wie in der Grammatik der Sprache – eine lebendige Gestalt an.

Hier noch einige Anleitungen, die zur Selbstbeobachtung des Wetters und damit der Natur anregen, und dem Schüler an die Hand gegeben werden können: Das Wetter trägt im allgemeinen entweder einen konservativen oder einen periodischen Charakter. Langsame Änderungstendenzen deuten auf das Zustreben zu einer neuen konservativen Wetterlage, möge sie gut oder schlecht sein. Schnelle Änderungstendenzen deuten auf eine periodische Wetterlage, wie solche z. B. oft im November vorzuliegen pflegt: dann pflegen wir einen Tag schlechtes Wetter bei niedrigem Barometerstande, den nächsten Tag schönes Wetter bei hohem Barometerstande zu haben.

Liegen solche Perioden, wie sie sich aus dem bloßen Anblick der barographischen Aufzeichnungen ergeben, nicht vor, so wird man sagen können: Entweder ist das Wetter des Tages im wesentlichen so, wie es das Wetter des vorhergehenden Tages gewesen ist, oder das Wetter weist eine gewisse Tendenz der Besserung oder Verschlechterung auf. Auf diese Tendenz achte man, sie wird sich in der Regel für den folgenden Tag in verstärktem Maße geltend machen; die Tendenz kann auch zurückgehen.

Noch sehr verbreitet sind unrichtige Anschauungen über den Zusammenhang von hohem Barometerstande mit gutem Wetter und von niedrigem Barometerstande mit schlechtem Wetter. Ja sogar die Ausdrucksweise der Erläuterungen der Wetterkarten leistet in vielen Fällen diesen Anschauungen Vorschub. Das Problem wird unrichtigerweise statisch gefaßt, während es dynamisch

nung. (2 Mark.) Zweiter Teil: Besondere Beobachtungen und Instrumente. (2 Mark.)

zu fassen ist: Über dem statischen Luftdruck – gegeben durch die Höhe der Atmosphäre – lagert sich der schwankende kleinere dynamische Anteil des Luftdrucks, der gerade für die meteorologische Situation charakteristisch ist.

Eine Vertikalkomponente atmosphärischer Strömung nach unten mit ihrer drückenden Wirkung auf den offenen Schenkel des Barometers führt aus höheren Regionen kältere Luftschichten mit entsprechend geringer absoluter Feuchtigkeit und geringem Luftdruck in tiefere Regionen mit größerem Luftdruck. So kommt eine adiabatische Kompression zustande, welche mit einer Erhöhung der Temperatur und infolgedessen bei Wasserdampf mit einer Herabsetzung der relativen Feuchtigkeit verbunden ist. Das bedeutet Erschwerung von Kondensationsbildungen, also schönes Wetter.

Eine Vertikalkomponente atmosphärischer Strömung nach oben mit ihrer saugenden Wirkung auf den offenen Schenkel des Barometers führt aus tieferen Regionen wärmere Luftschichten mit entsprechend großer absoluter Feuchtigkeit und großem Luftdruck in höhere Regionen mit geringerem Luftdruck. So kommt eine adiabatische Dilatation zustande, welche mit einer Herabsetzung der Temperatur und infolgedessen mit einer Erhöhung der relativen Feuchtigkeit verbunden ist. Das bedeutet Begünstigung von Kondensationsbildungen, also Regen, schlechtes Wetter.

An der Hand dieser Vorstellungen studiere man die Wolkenformen und man wird dem Zusammenhange der Wolkenformen mit dem zu erwartenden Wetter ein tieferes Verständnis abgewinnen. Auf diesem Wege werden wir manche Bauernregel als begründet erkennen; ich erinnere an die Wetterregel, die an die Wolkenformen um die Spitze des Pilatus in der Schweiz knüpft:

Hat der Pilatus einen Hut,
Dann wird das Wetter wieder gut,
Doch hat er einen Degen,
Dann gibt es Regen!

Die Vertikalkomponente der Luftströmung nach unten bedingt die Hutform; die Vertikalkomponente nach oben bedingt die Degenform.

Eine häufige Erscheinung im Sommer ist, daß das Wetter am klarsten und schönsten erscheint, wenn das Barometer nach hohem Stande zu sinken beginnt. Eine hereinbrechende feuchte Horizontal-

komponente (Westwind) macht die Luft zunächst durchsichtiger und klarer, leitet aber zugleich, weil feuchte Luft leichter als trockene Luft ist, eine Vertikalbewegung nach oben mit ihren vorher geschilderten Folgen ein.

Häufig beobachtet man auch die Erscheinung, daß bei schlechtem Wetter, wenn das Barometer nach tiefstem Stande zu steigen beginnt, der herabfallende Regen besonders stark ist: Starker herabfallender Regen reißt die Luft konvektiv nach unten und trägt so zu einer, wenn auch nur vorübergehenden Erhöhung des Luftdrucks bei. Ebenso kann eine hereinbrechende trockne Horizontalkomponente (Ostwind), weil trockne Luft schwerer als feuchte ist, eine Vertikalbewegung nach unten einleiten, und so, wenn auch nur vorübergehend, zu einer Beschleunigung des Regenfalls beitragen.

Die erwähnten Beispiele dürften zur Genüge zeigen, wie in der Tat das Gebiet der Meteorologie so recht geeignet ist, den Unterricht von der Natur zur Natur d. h. zur Selbstbeobachtung und damit zum Selbsterleben zurückzuführen. Die theoretischen Bemerkungen, welche ich mir zu machen erlaubt habe, tragen keinen intellektualistischen Charakter und sollen ihn nicht tragen; sie sollen nur dazu dienen, die Aufmerksamkeit zu schärfen und auf den Punkt hinzulenken, auf den es ankommt.

Gerade, weil die Meteorologie, insbesondere die Wetterkunde ein Gebiet ist, nicht ohne Enttäuschungen aber auch voll von Hoffnungen, scheint sie mir für die Schule nicht ohne Wert — sie führt in das Leben der Forschung mit ihren Hoffnungen und Enttäuschungen ein und gewährt damit ein wahreres und wirklicheres Bild der Wissenschaft, als eine auf ihre Autorität bedachte Schulwissenschaft, welche zu der Erscheinung des Irrtums eine keineswegs immer angemessene Stellung einzunehmen pflegt.

Für die Heranziehung erlebungsfähigen Materials möchte ich an zweiter Stelle auf das Gebiet ausgewählter Kapitel aus der Geschichte der Physik hinweisen. Es handelt sich hier nicht um Anekdoten, wie sie so häufig den Gegenstand überflüssiger geschichtlicher Einleitungen bildet. Es handelt sich hier um Bevorzugung der Experimente für den Schulunterricht, welche in der Geschichte eine besondere Rolle gespielt haben.

Es kommt hier naturgemäß für den Unterricht mehr ein Nacherleben als ein Erleben in Frage. Aber das geschickt vorbereitete Experiment gewährt die Illusion des Erlebens für den Schüler. So war es für mich auf dem Gebiet meiner Bemühungen um Unterrichtsmittel vor zwanzig Jahren eine große Freude das Interesse an der Galilei'schen Fallrinne[1]) neu beleben zu können.

Nach meinen Unterrichtserfahrungen findet im allgemeinen die Geschichte und Entwicklung der Physik als Gegenstand bei den Studierenden nicht das Interesse und die Liebe, was dieses Gebiet unzweifelhaft verdient, erschließt doch erst die geschichtliche Auffassung der Entwicklung einer Wissenschaft ein tieferes Verständnis dieser Wissenschaft überhaupt. Vielleicht, daß die geschichtliche Auffassung von dem Werdegange der Wissenschaft eine größere geistige Reife zur Voraussetzung hat, als solche bei dem Alter der Studierenden gemeinhin vorausgesetzt werden kann.

Je älter man wird, desto mehr schätzt man überhaupt Geschichte. Man überschätzt nicht in dem Maße, wie die Jugend, die Gegenwart, man betrachtet bereits die Entwicklungsepoche, an der man selbst Teil hat, als einen Abschnitt kommender Geschichte. Ich darf vielleicht auch in diesem Zusammenhange auf die schon öfter von mir berührte Rektoratsrede von W. Voigt[2]) Bezug nehmen: „Ich stehe nicht an, zu bekennen, daß mir persönlich einem Fache ein Vorrang vor allen anderen zuzukommen scheint: der Geschichte im weitesten Sinne dieses Namens. Soweit der Sprachunterricht die Mittel bietet, Geschichtliches besonders leicht und lebendig zu vermitteln, billige ich ihm nach meinen eigenen Jugenderfahrungen gleichfalls einen hohen Wert zu."

Auch der Physikunterricht bietet mehrfach Gelegenheit Geschichtliches besonders leicht und lebendig zu vermitteln. Wenn es mir bisher nicht in dem Maße gelungen ist, bei meinen Zuhörern das geschichtliche Interesse für die Physik zu erwecken, kam mir bisweilen der Gedanke, ob vielleicht der schulmäßige Geschichtsunterricht mit seiner Überlastung an toten Zahlen, an teilweise recht entfernt liegen-

---

1) Über Anordnung und Verwertung der Galileischen Fallrinne für den physikalischen Unterricht. Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht. 7. Jahrgang 1894 S. 161.

2) W. Voigt. Festrede 1912. S. 13.

dem Material den Erfolg haben könnte, das Interesse an geschichtlicher Auffassung mehr abzustumpfen als zu beleben.

Gerade der physikalische Schulunterricht wäre nach meiner Auffassung in hohem Grade geeignet, geschichtlichen Sinn zu entwickeln und zu beleben. Ich würde mich nicht scheuen, den Schülern gelegentlich auch Erscheinungen vorzuführen, die in der Geschichte der theoretischen Physik eine große Rolle gespielt haben – nicht in dem Sinne, die Schüler mit diesen Theorien bekannt zu machen, ganz und gar nicht! – aber in dem Sinne ihnen an geschichtlich bekannten Erscheinungen Gelegenheit zu geben die Fähigkeit des Sehens und Beschreibens auszubilden, von der ich vorhin im Anschluß an die Beobachtung unmittelbarer Naturerscheinungen gesprochen habe.

Den Lehrer befähigt die Kenntnis der Theorie den Schüler auf das aufmerksam zu machen, was wesentlich ist. In dem Schüler wird – gerade weil er ohne Kenntnis der Theorie ist – die Empfindung dafür gestärkt, was bei einer Erscheinung wesentlich ist oder vielleicht wesentlich sein könnte.

Um nur ein Beispiel herauszugreifen: ich würde Beugungserscheinungen, die so leicht mit primitiven Mitteln hergestellt und darum von den Schülern nachgemacht werden können, zeigen – nicht zu vergessen die Erscheinungen, die jeden überraschen müssen, der sie noch nicht gesehen hat – die Erscheinungen, zu denen Fresnel durch Poisson's Einwand angeregt wurde: über die Intensität des Lichtes im Zentrum eines Schattenkegels und im Zentrum eines Lichtkegels. – Eine falsch angebrachte Gründlichkeit, die mit dem Argument: wenn schon, denn schon – arbeitet, schließt diese höchst auffallenden Erscheinungen von dem Schulunterricht in der Regel aus.

Auch die an Abbe's Theorie der mikroskopischen Bilderzeugung anschließenden Beugungsexperimente stellen eine für die Schule in mehr als einer Richtung erwünschte Bereicherung dar, seitdem die Firma Leppin und Masche[1])-Berlin einen lediglich zu Unterrichtszwecken konstruierten Apparat dafür in den Handel gebracht hat.

---

1) Leppin und Masche. Berichte über Apparate und Anlagen. VIII. Jahrgang 1911. Heft 7 u. 8. Es handelt sich um den Demonstrationsapparat meines Neffen Dr. W. Volkmann, der zuerst in seiner „Praxis der Linsenoptik" Berlin 1910 mit sehr billigen und einfachen Hilfsmitteln eine entsprechende Anordnung in kleinem Maßstabe beschrieben hat.

Eine angemessene Einschätzung der Bedeutung der Geschichte der Physik für den Elementarunterricht scheint mir auch die Beantwortung der Frage zu erleichtern, inwieweit Ergebnisse der neueren und neusten Forschung der Wissenschaft für die Schule Verwertung zu finden haben. Die Gegenwart ist ja reich an überraschenden Entdeckungen von jedenfalls weittragender Bedeutung — ich brauche nur an die radioaktiven Erscheinungen zu denken.

Ich vertrete den Standpunkt, daß diesen Ergebnissen nur eine bescheidene Stellung im Unterricht einzuräumen sein wird. Das Neue — und wer wollte sich nicht des Neuen freuen — übt auf die Jugend in vielen Fällen eine Wirkung aus, welche weder im Interesse der Wissenschaft noch des Unterrichts liegen kann: sie löst leicht die irrtümliche Vorstellung einer Entwertung des Alten aus; diese Entwertung wird so hoch geschätzt, daß damit das Interesse an dem Studium des Vorhandenen bis zur Vernachlässigung abgeschwächt wird; τί νεώτερον? das war schon die Frage, welche den Beginn des Verfalls des geistigen Lebens Griechenlands charakterisierte. Was gibt es Neues? das ist auch heute in vielen Fällen die Frage derer, die ihre geistige Nahrung wesentlich aus den Tageszeitungen schöpfen.

Das für den Unterricht tatsächlich wertvolle Bildungsmaterial ist aus einfacheren, näherliegenden Erscheinungen zu entnehmen, als solches die schwierigen und scharfsinnigen Forschungen der Gegenwart zutage gefördert haben: das ist nicht der Teil der Natur und kann er nicht sein, welcher der Jugend in erster Linie nahezubringen ist und nahe gebracht werden kann!

Eine besondere Stellung im Physikunterricht dürfte die Frage einnehmen, inwieweit die angewandte Physik: die Technik den Elementarunterricht in der Physik zu beeinflussen hat. In der Beantwortung dieser Frage werden naturgemäß Gymnasien, Realgymnasien und Oberrealschulen dem Wesen ihres Charakters entsprechend auseinandergehen müssen.

Auch für den Gymnasialunterricht in der Physik möchte ich mich nicht ablehnend gegen die Technik[1]) erklären, ich möchte aber die

1) Bei den im Ostertermine 1910 für die Realgymnasien und Oberrealschulen der Provinzen Ost- und Westpreußen vorgeschlagenen physikalischen Abiturientenaufgaben war die angewandte Physik fast völlig ver-

technische Verwertung in ihrer Rolle für den physikalischen Unterricht gerade auf Gymnasien nicht allzu stark unterstrichen sehen. Es ist von jeher Grundsatz der Gymnasien gewesen, schon aus pädagogischen Erwägungen, Nützlichkeitsstandpunkte nicht in den Vordergrund treten zu lassen und sich in dieser Hinsicht rein wissenschaftlichen Gepflogenheiten anzuschließen.

So fruchtbar sich die Wechselbeziehungen zwischen Wissenschaft und Technik gestaltet haben, soviel Anregungen und Hilfsmittel die Wissenschaft der Technik und die Technik der Wissenschaft verdankt: die Wissenschaft hat nach dem Urteil der Geschichte gut daran getan, technische Anwendungen nicht zu stark in den Vordergrund ihrer Interessen treten zu lassen: in ihrem eigenen Interesse, nicht zum mindesten auch im Interesse der Technik selbst.

Schon immer erschien mir diesen Verhältnissen gegenüber das biblische Wort freier Anwendung fähig: Trachtet am ersten nach dem Reiche Gottes und seiner Gerechtigkeit, so wird Euch solches Alles zufallen. Es war mir eine besondere Freude, jüngst feststellen zu können, daß gerade dieses Wort auch von Männern wie Helmholtz[1]) und Voigt[2]) auf die Wissenschaft angewandt ist.

In diesem Sinne wird es denn auch gerade für den Gymnasialunterricht in der Physik empfehlenswert sein bei verschiedenen Gelegenheiten, zu denen etwa die Besprechung der Dampf- und Dynamomaschine, des Telegraphen, des Telephon Anlaß bietet, die hier vorliegenden Verhältnisse zwischen Wissenschaft und Technik zu behandeln.

Sie würden es mir gewiß lebhaft verargen, wenn ich an dieser Stelle nicht schließlich auch der physikalisch-praktischen Schülerübungen gedenken würde. Um es gleich herauszusagen: Ich möchte die einschlägigen Fragen noch als offene behandelt wissen. Für mich spielt an erster Stelle die Frage eine Rolle, ob die Schüler ihrem Alter nach bereits reif für eine derartig freie Behandlung sein werden, wie ich sie in Vorschlag bringen möchte.

nachlässigt. Bei der an meine Vorträge anschließenden Diskussion konnte aber festgestellt werden, daß es gar nicht in der Absicht der Lehrkräfte liegt, die angewandte Physik zu vernachlässigen.

1) A. Harnack. Gedanken über Wissenschaft und Leben. Internationale Wochenschrift für Wissenschaft, Kunst und Technik. 6. April 1907 – wiederabgedruckt in „Aus Wissenschaft und Leben". Giessen 1911 Bd. I. S. 3.

2) W. Voigt. Festrede 1912. S. 18.

Frontübungen, also der gleichzeitigen praktischen Behandlung der gleichen Aufgabe an einer Reihe gleicher Apparate oder in gleicher Weise aufgestellter Versuchsanordnungen möchte ich nicht das Wort reden — ganz abgesehen davon, daß es für den Lehrer etwas unbefriedigendes haben muß, die naturgemäß beschränkten Geldmittel nicht mannigfaltiger und vielseitiger verwenden zu können.

Lassen Sie mich Ihnen zunächst meine eigenen Hochschulerfahrungen mitteilen: Die Hauptschwierigkeit eines Laboratoriumsunterrichts beruht darauf, daß in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle eine Reihe verschiedener Aufgaben gleichzeitig zu behandeln ist, daß also gleichzeitig mehrere Schüler in verschiedenen Gegenständen von einem Lehrer zu unterweisen sind. Diese gleichzeitige praktische Behandlung verschiedener Aufgaben hat mir anfänglich viele Schwierigkeiten bereitet. Nunmehr empfinde ich diese Schwierigkeit gar nicht.

Die Überwindung dieser Schwierigkeit geht für mich in die Zeit zurück, da ich mich der Assistenz meines ehemaligen Schülers, des Herrn Dr. E. Maey, jetzt Professor in Remscheid, erfreuen durfte. Wir schufen Typen ganz bestimmter Aufgaben, für welche wir zunächst ganz kurze Protokolle herstellten. Jede Aufgabe hatte auf getrenntem Bogen ihr Protokoll, das der Studierende in die Hand bekam. Diese Protokolle enthielten Anweisungen, in welcher Reihenfolge und wie zu handeln sei. Die eigene Unterrichtserfahrung gab dann selbst die Anregung an die Hand, in welcher Richtung die Protokolle redaktionell zu verbessern und ausführlicher zu gestalten seien. In vielen Fällen konnten besonders begabte Schüler selbst beauftragt werden, Protokolle anzufertigen oder Verbesserungsvorschläge in vorhandene Protokolle hineinzuarbeiten. Auf diese Weise war auch der Weg gegeben, das Aufgabenmaterial ständig zu ergänzen und zu vervollständigen.

Gerade in dem Umstande, daß jeder etwas anderes treibt, liegt ein nicht zu unterschätzendes Mittel für eine gute Belebung des Unterrichts. Die Praktikanten teilen einander von den Aufgaben mit, die sie beschäftigen. Die Praktikanten, denen diese Aufgaben noch nicht bekannt sind, hören mit Interesse davon und freuen sich im voraus vor diese Aufgaben gestellt zu werden. Die Praktikanten, die diese Aufgaben bereits absolviert haben, erinnern sich der früher selbst empfundenen Schwierigkeiten und stellen in vielen Fällen eben darum dann bessere Lehrmeister dar, als vielleicht der Lehrer selbst, dem

die stille Freude bleibt, eine Organisation geschaffen zu haben, die ohne erhebliche Arbeit sich selbst trägt und ihre eigenen Früchte zeitigt.

Bei dieser Organisation bilden sich von selbst pädagogisch höchst wertvolle Verhältnisse aus. Die spezifische Begabung eines Praktikanten findet seitens seiner Freunde ihre besondere Schätzung; Praktikanten werden auf gewissen Gebieten als Autoritäten neidlos anerkannt. Das Wort Plato's[1]):

λαμπάδια ἔχοντες διαδώσουσιν ἀλλήλοις

nimmt Gestalt, Wahrheit und Wirklichkeit an.

Die physikalisch-praktischen Übungen stehen in keinem unmittelbaren Zusammenhang mit dem physikalisch-theoretischen Unterricht. Trotzdem knüpfen sich die mannigfaltigsten Beziehungen zwischen beiden — sei es daß hier auf Dinge verwiesen wird, die dort schon behandelt sind, — sei es daß dort auf Dinge verwiesen wird, die hier noch nicht behandelt sind und erst behandelt werden sollen. Die einzige Beschränkung ist die, daß für eine Reihe von Wochen oder Monaten immer nur ein großes Gebiet zur Bearbeitung bereit steht und aufgebaut ist: Mechanik, Wärme, Optik, Elektrizität.

In dieser Form abgehalten, erfordern physikalisch-praktische Unterrichtsübungen keine große Vorbereitung. Der Zahl der Aufgaben entspricht die Zahl der Arbeitsplätze und auf diesen Arbeitsplätzen bleiben die für die Aufgabe erforderlichen Apparate und Instrumente stehen; was von Stunde zu Stunde wechselt, sind die Schüler, die vor eine andere Aufgabe gestellt werden.

Gegen diese Form des Unterrichts wird sich nur eine pedantische Auffassung wenden können, welche alles in eine fest vorgeschriebene und bestimmte Reihenfolge und Ordnung bannen möchte. Die Wissenschaft entwickelt sich auch nicht in bestimmter Reihenfolge und Ordnung, bald wird ein Baustein hier, bald ein Baustein dort verwandt. Dieser der Wissenschaft eigentümliche Aufbau wird mit Vorteil auch

1) Mein Neffe, Prof. Dr. P. Wendland-Göttingen, war so freundlich mir die Stellen näher anzugeben, die zum tieferen Verständnis des Zitates in Betracht kommen. Die zitierte Stelle steht in Plato: Staat I. 328 A und handelt von einem Fackellaufe zu Pferde bei einem religiösen Feste; die Fackeln wurden im Lauf oder Ritt einem anderen weitergegeben. — Dagegen heißt es metaphorisch Plato: Gesetze. VI. 776 B: Wir übergeben das Leben wie eine Fackel unseren Kindern, die wir aufziehen, und durch sie den folgenden Generationen.

für den Unterricht zu verwenden sein, der dadurch von vornherein vor Pedanterie, Intellektualismus — und wie die hier in Betracht kommenden Übel alle heißen mögen — geschützt wird.

Zuerst hört man von einem Gegenstande lauten, ohne daß sich Zeit und Gelegenheit findet, genauer darauf eingehen zu können. Vollständigkeit kann doch niemals erzielt werden. Wenn unser Wissen Stückwerk ist und in alle Ewigkeit Stückwerk bleiben wird, dann wird es auch Aufgabe eines guten Unterrichts sein müssen, dieser Tatsache gegenüber sich einzurichten und etwa daraus erwachsende Schwierigkeiten mit Anmut zu tragen und zu überwinden.

Die Lösung jeder Aufgabe zerfällt naturgemäß in zwei Teile. Der erste Teil beschäftigt sich mit dem Studium der ganzen Fülle vorbereitender Schritte, neuer Eindrücke, unerwarteter Überraschungen, welche unvermeidlich sind und eine vorzeitige kunstgemäße Erledigung der Aufgabe hindern. Dieser erste vorbereitende Teil erfordert den größeren Zeitaufwand, er stellt für den Schüler eine Rekognoszierung in ein fremdes Gebiet dar. Hier darf keine Flüchtigkeit in der Erwägung walten, daß man ja noch nicht mit der definitiven Erledigung der Aufgabe zu tun hat, daß man ja sozusagen die Aufgabe zweimal behandelt, sich darbietende Unbequemlichkeiten also Aufschub vertragen. Hier handelt es sich um das eigentliche Studium der Schwierigkeiten der Aufgabe, um das gründliche Kennenlernen aller Nebenumstände. Hier handelt es sich, eine Beherrschung einer ungewohnten Situation zu erzwingen. Hier gilt es, den Schweiß der Arbeit kosten zu lernen.

Der zweite Teil hat die kunstgemäße Ausführung, Darstellung und Beschreibung der Aufgabe zum Gegenstande, wie solche ohne Erledigung des ersten vorbereitenden Teiles gar nicht möglich ist. Hier handelt es sich, der Ausübung einer Kunst bewußt zu werden. Hier handelt es sich, des Genusses und der Freude teilhaftig zu werden, welche der beste Lohn jeder gelungenen Arbeit ist — ein innerer Lohn, der nur zu weiterer Arbeit auf dem erprobten Wege anreizen kann.

Unter den in Betracht kommenden Aufgaben bevorzuge ich Aufgaben der Art: Mit einfachen Mitteln, womöglich nach verschiedenen Methoden, die Beschleunigung durch die Schwere oder das mechanische Wärmeäquivalent zu bestimmen — und zwar unter besonderem Studium der erreichbaren und der tatsächlich erreichten Genauigkeit.

So findet der Genauigkeitsbegriff seine Vertiefung. Ich erinnere an die Begriffe von Hertz: wünschenswerte und mögliche Genauigkeit; ich erinnere an meine anschließenden Begriffe: unerwünschte und unmögliche Genauigkeit.

Ich möchte Ihre Aufmerksamkeit auch noch auf den Punkt lenken, daß der Begriff der Aufgabe durch die physikalisch-praktischen Unterrichtsübungen eine ganz andere Bedeutung und Rolle erhält, eine höchst wünschenswerte Verschiebung erfährt. Das innere Wesen, die eigentliche Natur einer Aufgabe findet einen der Wirklichkeit und Wahrheit entsprechenderen Ausdruck, als es durch die Fiktionen geschieht, welche die Mehrzahl landläufiger Aufgaben vortäuschen.

Die Aufgabe fordert geradezu auf, etwas zu erleben oder nachzuerleben. Das Urteil über die Lösung der Aufgabe wird sich nach dem Reichtum des Erlebnisses zu richten haben. Das pedantische Zählen von Fehlern, als gälte es Staubfäden zu zählen, darf keine Rolle für die Beurteilung der Lösung spielen — auch in der Botanik spielt das Zählen der Staubfäden nicht mehr die Rolle wie früher. Die Beurteilung der Arbeit wird kunstgemäß sein müssen und auf das Ganze zu gehen haben.

Soweit meine Erfahrungen über praktische Übungen im Hochschulunterricht. Es würde für mich die nun aufzuwerfende Frage sein, inwieweit sich die von mir beschriebene Form des Unterrichts auf die Schule übertragen ließe: Eine beschränkte Anzahl leichterer Aufgaben wäre vor allem zu behandeln. Eine beschränkte Anzahl schwererer Aufgaben wäre nur den besonders Interessierten zuzuweisen. Ist ein wirkliches Interesse an dem Gegenstande erwacht, so möchte natürlich keiner vor den anderen zurückbleiben, und es würde der pädagogischen Weisheit des Lehrers bedürfen, weniger Begabte vor unnützen Anstrengungen zurückzuhalten; es soll ihnen deshalb kein Strick gedreht werden.

Herr Professor Dr. E. Maey in Remscheid, auf dessen Urteil ich einigen Wert lege, schreibt mir, daß er nach langjährigen Bemühungen und Versuchen in dieser Richtung zu dem Ergebnis gekommen sei, daß der von mir vorgeschlagene Weg nicht allen Lehrern der Physik als gangbar vorgeschrieben werden könne, wohl aber glaubt er es von den Frontübungen.

Ich habe schon erwähnt, daß ich mich für die Form der Frontübungen nicht begeistern kann; sie entbehren für mich aller der belebenden Elemente, die ich im Unterricht nicht missen möchte, und schaffen für mich eine neue Form der Scholastik. Unter solchen Umständen würde ich praktische Schülerübungen fallen lassen und mich auf den Standpunkt stellen, daß das jugendliche Alter für die Mehrzahl der Schüler den erfolgreichen Betrieb eines Schulpraktikums ausschließt, daß es sich empfehlen würde, nur mit einer beschränkten Auswahl von Schülern physikalisch-praktische Übungen anzustellen.

Ich bin mit meinen spezifisch physikalischen Unterrichtsfragen am Ende, und so möchte nunmehr zum Schluß auch einmal der Blick auf das allgemeine verlohnen. Für die Zwecke der Schule kann die Physik immer nur ein Glied in der Kette bilden, deren die Schule in ihrem Erziehungs- und Unterrichtswerk bedürfen zu müssen glaubt. So wird es nicht immer angehen, wie ich es für die Physik getan habe, das einzelne Fach losgelöst von allen anderen Fächern hinzustellen, es muß auch in seinen Beziehungen zu anderen Fächern behandelt werden.

Von hier aus erhebt sich eine ganze Reihe pädagogischer Fragen, die ich nur nennen kann: die Frage nach den Haupt- und Nebenfächern, die Frage nach dem Umfang, dem die Behandlung der einzelnen Wissenschaft auf der Schule anzuweisen ist, die Frage nach der Belastung und Entlastung der Schüler. Von hier aus können wir es wohl auch noch heute begreifen, wie sich der gesamte Schulunterricht des vorigen Jahrhunderts unter der Vorherrschaft der klassischen Philologie vollziehen konnte. Auf diese Weise war unseren Fächern die Möglichkeit benommen oder beschnitten, die ihnen eigene Individualität auch im Unterricht zu entfalten. Die Vorherrschaft der klassischen Philologie war es wohl auch, welche dem mathematischen Unterricht unter einseitiger Bevorzugung des Euklid, einen eigenartigen, den Verhältnissen nicht ganz angemessenen Stempel aufgedrückt hat.

An den Reformfragen des mathematischen Unterrichts ist die Physik nicht ganz unbeteiligt. Im besonderen mag hier die Frage aufgeworfen werden, inwieweit dem mathematischen Unterricht Übungen im numerischen Zahlenrechnen entzogen werden können, um solche dem physikalischen Unterricht zu überweisen.

Ich bin durchaus ein Freund der Auffassung, daß die Schule die Freiheit hat, aus den zu behandelnden Wissenschaften soweit Stoff zu entnehmen und auch umzuformen, als das ihren pädagogischen Zwecken entsprechen mag. Diese Freiheit wird aber niemals soweit gehen dürfen, daß eine intimere Fühlung mit den Anforderungen der einschlägigen Wissenschaft aufgegeben wird. Der Unterrichtsbetrieb der Schule wird stets mit der Gefahr zu rechnen haben, eine Wissenschaft eigener Art zu zeitigen: die Schulwissenschaft, die sich von der Ausgangswissenschaft um so mehr entfernen muß, je mehr und je schneller der Unterrichtsbetrieb darauf drängt, sichtbar aufweisbare Erfolge zu erzielen, die bei Lage der Dinge immer nur äußere, äußerliche sein können. Es findet so bis zu einem gewissen Grade eine Verschiebung des eigentlichen Inhalts der Wissenschaft und der hier angemessenen Form der Behandlung statt.

Ich stehe nicht an zu erklären, daß durch diese Verschiebung der Unterricht für den Schüler ohne Not eine Erschwerung und Belastung darstellt, welche weniger in der Natur der Wissenschaft als in dem Betriebe des Unterrichts mit seiner vorschnellen Tendenz: ständig aufweisbare Resultate zu zeitigen, begründet ist. Gelingt es dem Schulunterricht und den ihn beeinflussenden Verordnungen, die wahren inneren Zwecke und Ziele der Wissenschaft zum Ausdruck zu bringen, so wird unstreitig damit eine Entlastung und Erleichterung, vor allem eine Belebung für die Schüler verbunden sein.

Der Veräußerlichung des Unterrichts, wie sie durch die Forderung in jedem Augenblicke aufweisbarer Leistungen bedingt ist, und nur gar zu leicht durch ein falsch gerichtetes Prüfungs- und Examenswesen eine Unterstützung und Kräftigung finden kann, muß die Forderung einer Verinnerlichung des Unterrichts gegenübergestellt werden.

Das ist natürlich leichter gesagt als getan, aber der Anfang dazu erscheint bereits gemacht, wenn der Herr Unterrichtsminister in seinem Erlaß vom Oktober 1911 anordnet, daß die Reifeprüfung den Schulräten nicht mehr als regelmäßiges Mittel der Einwirkung auf die Anstalt dienen soll, daß die Schulräte durch Einschränkung der Revisions- und Verwaltungsberichte Zeit gewinnen sollen, um einmal jährlich jede Schule zu besuchen und mit den Lehrerkollegien mündlich Fragen des Unterrichts und der Erziehung zu besprechen.

Allerdings will es mir scheinen, daß den Schulräten damit eine übermenschliche Kraft zugetraut wird. Auch dem einzelnen Schulrat wird naturgemäß für eine ganze Reihe von Fächern der wissenschaftliche Kontakt fehlen, welcher die Voraussetzung für eine solche Einwirkung ist. Vielleicht bestünde eine Lösung der Schwierigkeit darin, daß den schon hinreichend überlasteten Schulräten nebenamtlich und kommissarisch geeignete Männer zur Seite gestellt würden, welche mitten im wissenschaftlichen Leben stehen. Es wäre damit vielleicht die organische Form für einen ersprießlichen Gedankenaustausch zwischen Mittel- und Hochschulen gewonnen, der durchaus notwendig erscheint, für den man aber bisher über platonische Formen nicht hinausgekommen ist.

NACHTRAG ZU SEITE 49.

Während des Druckes machte mich Herr Gymnasialdirektor Dr. Schülke-Tilsit auf die primitiven Winkelmesser von Ohmann und Koppe aufmerksam (Dr. A. Schülke. Aufgaben-Sammlung aus der reinen und angewandten Mathematik. Erster Teil für die mittleren Klassen. 2. Auflage. Leipzig und Berlin 1912. S. 122). Mit diesem Winkelmesser wird der scheinbare Durchmesser des Mondes, der Höfe um den Mond, die Farbenbreite der Regenbogenteile direkt zu messen sein. Der von mir beschriebene Winkelmesser eignet sich mehr zur Bestimmung der Höhe der Gestirne über dem Horizont.

Druck von B. G. Teubner in Leipzig.

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

Lehrbuch der Chemie. Für Lyzeen und höhere Mädchenschulen. Von Professo Dr. E. Löwenhardt, Oberlehrer in Halle a. S. Mit 99 Abbildungen. gr. 8. 1913. In Leinwand geb. M. 1.80.

Das vorliegende Lehrbuch stellt das chemische Gegenstück zu dem Lehrbuche der Physik von E. Grimsehl dar. Auch bei seiner Abfassung sind mehrjährige Erfahrungen aus dem Unterricht an einer höheren Mädchenschule zugrunde gelegt. „Entsprechend der geringen Zahl der für den chemischen Unterricht auf den höheren Mädchenschulen verfügbaren Stunden kann von einer systematischen Vollständigkeit nicht entfernt die Rede sein. Es kann vielmehr nur eine dem geistigen Standpunkt der Schülerinnen entsprechende Einsicht in hervorragende Einzelerscheinungen erstrebt werden, bei deren Auswahl in erster Linie die Rücksicht auf diejenigen Schülerinnen in Betracht kommt, die mit dem Abschluß der höheren Mädchenschule ins bürgerliche Leben übertreten werden." (Method. Bemerkungen der preuß. Lehrpläne 1908.) Es sind demnach für die Stoffauswahl vor allem die Beziehungen des täglichen Lebens maßgebend gewesen. Auf die chemische Zeichensprache konnte nicht ganz verzichtet werden, ebensowenig auf eine ganz elementare Entwickelung der Grundgesetze. Beides ist aber nur so weit berücksichtigt worden, als es nötig war, um den Schülerinnen eine Vorstellung von der Bedeutung der quantitativen Beziehungen bei chemischen Vorgängen zu verschaffen. Einzelne solcher Abschnitte, die ohne Schaden ausgelassen werden können, sind überdies durch Kleindruck gekennzeichnet. Der Lehrgang ist so gestaltet worden, daß er die Schülerinnen zum eigenen Beobachten und Nachdenken anleitet. Entsprechend dem Hinweise der Lehrpläne und den neueren Forderungen ist daher auch Gelegenheit gegeben, einen Teil der Versuche durch die Schülerinnen selbst an geeigneter Stelle ausführen zu lassen.

Lehrbuch der anorganischen Chemie nebst einer Einleitung in die organische Chemie. Zum Gebrauch an höheren Lehranstalten. Von Prof. Dr. Paul Bräuer. Mit 142 Abbildungen und einer Tafel. gr. 8. 1905. In Leinwand geb. M. 3.—

„Ein recht eigenartiges Buch liegt hier vor. Der Stoff ist systematisch angeordnet, aber methodisch behandelt. Ähnliche Elemente sind in bezug auf Übereinstimmung und Unterschiede in ihren charakteristischen Eigenschaften zusammengefaßt; hierbei ist den preußischen Lehrplänen entsprechend auch auf die qualitative Analyse Rücksicht genommen. Aus der Technologie und Physiologie ist nur das Wichtigste aufgenommen. Dafür sind an passender Stelle die Methoden zur Bestimmung der Atom- und Molekulargewichte, ferner die Spektralanalyse und vor allem reichhaltige Abschnitte der Elektrochemie eingefügt. Zahlreiche Übungsaufgaben, die sich auch für das chemische Praktikum gut eignen, schließen sich den einzelnen Abschnitten an. Im ganzen steht das Buch durchaus auf moderner Grundlage; die von ihm vertretene Richtung wird sich hoffentlich bald genug einbürgern. Zahlreiche Versuchsanordnungen sind neu und z. T. recht hübsch. Sicher wird das Buch jedem Lehrer eine Fülle von Anregungen bringen; seine Einführung ist empfehlenswert." (Süddeutsche Schulblätter.)

Vorbereitungsbuch für den Experimentalunterricht in der Chemie. Unter besonderer Berücksichtigung der Schülerübungen. Von Dr. Karl Scheid, Professor an der Oberrealschule zu Freiburg i. Br. Mit 233 Figuren und zahlreichen Tabellen. gr. 8. 1911. Geh. M. 13.—, in Leinwand geb. M. 14.—

Das Buch lehnt sich weder an eines der bestehenden Chemiebücher an, noch zwingt es dem Lehrer eine bestimmte Unterrichtsmethode auf. Es bietet sich zunächst eine kurzgehaltene, allgemeine Apparatenkunde nebst technischen Unterweisungen allgemeiner Art. Daran schließt sich eine große Anzahl bewährter Unterrichtsversuche. Die Auswahl derselben ist so getroffen, daß auch ein weniger gut ausgestatteter Chemieraum und eine mäßig große, zur Verfügung stehende Jahressumme sie auszuführen ermöglicht. Versuche, welche eine unverhältnismäßig teure Apparatur erfordern, sind grundsätzlich weggelassen, sofern sich das gewünschte Ziel auch mit einfacheren Mitteln erreichen läßt. Aufnahme fanden nur solche Vorschriften, welche sich schon des öfteren in der Unterrichtspraxis bewährt haben und zuverlässig verlaufen. Die Beschreibungen sind so genau, daß ein Nachschlagen der reichlich benutzten neueren Literatur nicht erforderlich wird.

„Ein unentbehrliches Buch für jeden Lehrer, der Chemieunterricht zu erteilen hat! Aus reicher Erfahrung und sehr gründlichen Studien, aus experimenteller Geschicklichkeit und sicherem Empfinden für die Bedürfnisse der Schule ist das Handbuch herausgewachsen, ein sicherer Führer für alle, die als Neulinge an den chemischen Unterricht herantreten, ein ernster Berater für alle, die ihn schon länger erteilen." (Südwestdeutsche Schulblätter.)

Leitfaden für die chemischen Schülerübungen zur praktischen Einführung in die Chemie. Von Dr. Emil Löwenhardt, Professor an der Städt. Oberrealschule zu Halle a. S. 2. Auflage. 1912. Geh. M. 1.80, in Leinwand geb. M. 2.40.

„Löwenhardt gibt in seinem Leitfaden eine sorgfältig durchdachte, praktisch wohlerprobte Zusammenstellung von Versuchen für den vierjährigen Lehrgang der Chemie an der Oberrealschule unter Zugrundelegung der preußischen Lehrpläne. Die Versuche sind aber so ausgewählt, daß ihre Reihenfolge beliebig geändert werden kann, je nach den dem Unterricht zugrunde gelegten Büchern. Durch die eingehende und geschickte Art der Fragestellung und die zahlreichen Angaben der anzuwendenden Stoffmengen erleichtert der Löwenhardtsche Leitfaden erheblich die bei dieser Art der Übungen besonders schwierige Arbeit des Lehrers. Referent, der den ausgezeichneten Leitfaden seit seinem Erscheinen mit großem Vergnügen im Unterricht benutzt, gibt ihm vor allen ähnlichen Anleitungen den Vorzug und empfiehlt seine Einführung aufs wärmste." (Unterrichtsblätter für Mathematik und Naturwissenschaft.)



Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

E. Grimsehl

Direktor der Oberrealschule a. d. Uhlenhorst in Hamburg.

Lehrbuch der Physik. Zum Gebrauch beim Unterricht, bei akademischen Vorlesungen und zum Selbststudium. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 1296 Figuren, zwei farbigen Tafeln un einem Anhange, enthaltend Tabellen physikalischer Konstanten und Zahlentabellen. gr. 8. 1912. Geh. M. 15.—, in Leinwand geb. M. 16.—

„Dieses in jeder Beziehung zeitgemäße Werk des bekannten Verfassers, der durch zahlreiche praktische Apparatkonstruktionen und methodische Arbeiten geschätzt ist, vereinigt alle Eigenschaften, die es befähigen, ein unentbehrliches Lehr- und Lernmittel zu werden. Es fesselt durch die unmittelbare Verständlichkeit, durch die zahlreichen, zum Teil eigenartigen vorzüglichen Abbildungen und durch höchst angenehmen, übersichtlichen Druck, und die Meisterschaft, womit überall das richtige Verhältnis zwischen Induktion und Deduktion getroffen ist, wird schwer zu überbieten sein. Daß sehr vieles in dem Buche original ist, ist angesichts des Erfolges, mit dem der Verfasser alle Gebiete der Physik durchgearbeitet und zum Teil persönlich gestaltet hat, nicht verwunderlich. Das Buch hat aber noch andere wertvolle Eigenschaften. Es enthält in richtigem Maße eingestreute geschichtliche Bemerkungen...." **(Neue Jahrbücher für Pädagogik.)**

„...Man merkt allenthalben, daß das Buch direkt aus dem Unterricht herausgewachsen ist. Es ist ebenso gründlich als anregend. Es enthält sehr viele originelle Versuchsanordnungen und kann bei seiner großen Ausführlichkeit gar manche Gebiete viel besser durcharbeiten als die landläufigen Lehrbücher und Leitfäden. Von den einfachsten Elementen der Infinitesimalrechnung hat der Verfasser an verschiedenen Stellen Gebrauch gemacht. Daß der Verfasser nicht dogmatische Hypothesen und Theorien voranstellt, sondern immer zeigt, wie dieselben entstanden sind und inwieweit sie Berechtigung haben, kann, wer es mit dem Unterricht ernst meint, nur billigen.... Das Buch ist allen Physiklehrern aufs wärmste zu empfehlen...." **(Vierteljahrsberichte des Wiener Vereins zur Förderung des physikal. und chem. Unterrichts.)**

Lehrbuch der Physik für Realschulen. Mit 389 Figuren und einer farbigen Tafel. gr. 8. 1911. In Leinwand geb. M. 2.60.

Das Buch ist die Frucht einer Unterrichtserfahrung von über 25 Jahren an realistischen Anstalten. Der Umfang des Stoffes ist so bemessen, daß er mit einer guten Schülergeneration vollständig erledigt werden kann. Die Darstellung entspricht den wissenschaftlichen Anforderungen insofern, als die Definitionen und Gesetze streng richtig sind, und daß zwischen den Erfahrungstatsachen und den Hypothesen streng geschieden ist. Die Sprache ist leicht verständlich, so daß sie auch für den noch unreifen Schüler keine Schwierigkeiten bietet. Um den Schüler zu veranlassen, in dem Buche auch zu lesen und nicht nur den aufgegebenen Stoff gedächtnismäßig auswendig zu lernen, ist nicht nur das Skelett des Stoffes in dürren abgerissenen Merksätzen gegeben; sondern in gebundener Redeform ist dargestellt, wie die einzelnen Erkenntnisse auseinander gefolgert werden. Hierdurch ist das Buch für den Schüler zu einem Führer geworden in die physikalische Wissenschaft, der ihn geleiten soll, zu lernen, wie eine sichere Erkenntnis der Naturerscheinungen gewonnen wird.

Lehrbuch der Physik für Lyzeen und höhere Mädchenschulen. Unter Mitarbeit von H. Redlich. Zweite Auflage. Mit 377 Figuren und einer farbigen Tafel. gr. 8. 1912. In Leinwand gebunden M. 2.80. Auch in 3 Teilen. Kart.: I. M. —.80; II. M. 1.20; III. M. 1.20.

Dem Lehrbuch sind die preußischen Lehrpläne für höhere Mädchenschulen von 1908 zugrunde gelegt, insofern die allgemeine Stoffordnung in Frage kommt. Das Buch beschränkt sich auf das für die physikalische Bildung unserer weiblichen Jugend unbedingt Notwendige. Ein wesentliches Merkmal des Lehrbuches ist, daß es immer streng zwischen feststehenden Tatsachen und hypothetischen Annahmen unterscheidet. Im besonderen sind unsichere Spekulationen vollständig fortgelassen. Die Erfahrungstatsachen sind in den Vordergrund gerückt, und an diese schließen sich die abgeleiteten Gesetze an.

Der physikalische Unterricht soll auch der weiblichen Jugend als Vorbild dafür dienen, wie man vorurteilsfrei an eine Beobachtung herangehen soll, und wie man aus vielen Einzelbeobachtungen das allen Gemeinsame zu einem Gesetze zusammenfassen soll; kurz der Unterricht soll einen Einblick in die Art der naturwissenschaftlichen Arbeit gewähren; er soll ferner die Mädchen waffnen gegen den wissenschaftlichen Aberglauben, der oft die Frucht oberflächlichen Unterrichts und sogenannter populärer Wissenschaft ist. In unserer Zeit darf auch das Mädchen nicht frei von naturwissenschaftlichem Geiste bleiben. Dieser wird aber nicht durch einen Unterricht von massenhaftem, interessantem Material geboten, sondern nur durch eine gründliche Verarbeitung eines eng begrenzten Lehrstoffes. Das sind die Gesichtspunkte für die Stoffbeschränkung gewesen. Die Methodik weicht an vielen Stellen von dem in Mädchenschulen Althergebrachten ab; sie schließt sich den modernsten Anschauungen und Forderungen an.

„Unter den zahlreichen Neuerscheinungen von Lehrbüchern der Physik an Mädchenschulen ist das vorliegende sicherlich das bedeutendste. Das Buch trägt allen Forderungen der modernen Didaktik trefflich Rechnung. Druck und Ausstattung sind vorzüglich." **(Pädagogischer Jahresbericht.)**

